



**Potencial de Traslado de los Individuos Arbóreos Emplazados en Espacio Público
por Interferencia Directa con el Desarrollo de Proyectos de Obra e
Infraestructura dentro del Perímetro Urbano de Bogotá D.C.**

Helberth Alfonso Maldonado Moreno

Código 11792217558

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

**Potencial de Traslado de los Individuos Arbóreos Emplazados en Espacio Público
por Interferencia Directa con el Desarrollo de Proyectos de Obra e
Infraestructura dentro del Perímetro Urbano de Bogotá D.C.**

Helberth Alfonso Maldonado Moreno

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director (a):

Andrés Felipe Carvajal Vanegas, Dr.

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

Contenido

Pág.

Introducción	7
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
1. Marco Teórico y Estado del Conocimiento	10
1.1 Proyectos de Obra e Infraestructura.....	10
1.2 Silvicultura urbana	11
1.3 Manejo silvicultural	12
<i>1.3.1 Tala.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2 Bloqueo y Traslado.....</i>	<i>12</i>
1.4 Competencias en materia de silvicultura Urbana en Bogotá D.C	13
1.5 Arbolado Urbano de Bogotá D.C.....	13
1.6 Visor Geográfico.....	14
1.7 Estudios Previos.....	15
2. Metodología	18
2.1 Área de estudio	18
2.2 Insumos y procesamiento de la información.....	19
2.3 Variables más significativas y sus respectivas ponderaciones ideales	22
<i>2.3.1 Origen de la especie</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2 Especie apta para el arbolado urbano</i>	<i>24</i>
<i>2.3.3 Susceptibilidad al volcamiento</i>	<i>27</i>
<i>2.3.4 Resistencia al bloqueo y traslado</i>	<i>29</i>
<i>2.3.5 Sitio de emplazamiento</i>	<i>30</i>
<i>2.3.6 Rangos altimétricos</i>	<i>33</i>
<i>2.3.7 Especies en veda</i>	<i>34</i>
2.4 Cálculo del potencial de traslado	35
2.5 Desarrollo del modelo lógico	36
2.5.1 Adición y cálculo de los campos de las ponderaciones establecidas para cada una de las variables	37
2.5.1.1 Ponderación variable origen de la especie “PON_OR_ESP”	37
2.5.1.2 Ponderación variable especie apta para el arbolado urbano “PON_AP_ARB”	38
2.5.1.3 Ponderación variable susceptibilidad al volcamiento “PON_SU_VOL”	38
2.5.1.4 Ponderación variable resistencia al bloqueo y traslado “PON_RE_TRA”	38

2.5.1.5 Ponderación variable sitio de emplazamiento “PON_EMP”	39
2.5.1.6 Ponderación variable rangos altimétricos “PON_RA_ALT”	41
2.5.1.7 Ponderación variable especies en veda “PON_VEDA”	42
2.5.1.8 Ponderación final “PON_FINAL”	42
2.5.1.9 Calculo potencial de traslado “POT_TRAS”	42
2.5.2 Visualización y validación del modelo lógico	42
3. Resultados y discusión.....	45
3.1 Análisis de los resultados	45
4. Conclusiones.....	52
5. Recomendaciones.....	54
6. Anexos.....	56

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Localización geográfica de la región Bogotá y Cundinamarca.</i>	20
Figura 2. <i>Arbolado emplazado en espacio público de uso público, dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C.</i>	22
Figura 3. <i>Estructura orgánica usada en el ModelBuilder.</i>	38
Figura 4. <i>Estructura del modelo lógico.</i>	45
Figura 5. <i>Visualización de los campos adicionados y/o calculados para cada una de las variables, en la tabla de atributos del archivo shapefile.</i>	45
Figura 6. <i>Potencial de traslado de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C.</i>	47
Figura 7. <i>Individuos con potencial de traslado “Muy alto”</i>	48
Figura 8. <i>Individuos con potencial de traslado “Alto”</i>	49
Figura 9. <i>Individuos con potencial de traslado “Medio”</i>	50
Figura 10. <i>Individuos con potencial de traslado “Bajo”</i>	52
Figura 11. <i>Individuos con potencial de traslado “Muy bajo”</i>	53

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Ponderaciones establecidas para la variable origen de la especie.</i>	26
Tabla 2. <i>Ponderaciones establecidas para la variable especie apta para el arbolado urbano.</i>	28
Tabla 3. <i>Ponderaciones establecidas para la variable susceptibilidad al volcamiento.</i>	30
Tabla 4. <i>Ponderaciones establecidas para la variable resistencia al bloqueo y traslado.</i>	31
Tabla 5. <i>Ponderaciones establecidas para la variable sitio de emplazamiento.</i>	33
Tabla 6. <i>Ponderaciones establecidas para la variable rangos altimétricos.</i>	36
Tabla 7. <i>Ponderaciones establecidas para la variable especies en veda.</i>	37
Tabla 8. <i>Rangos establecidos para la obtención del potencial de traslado y sus respectivos valores finales.</i>	38

Introducción

En la actualidad los proyectos de obra e infraestructura están teniendo un gran auge dentro de la ciudad de Bogotá D.C, y con ello también se observa una preocupación en cierta parte de sus habitantes teniendo en cuenta que, tanto en las etapas de estudios y diseños como en la de ejecución, se ven afectados una gran cantidad de ejemplares arbóreos que se localizan dentro de los límites del área de influencia de los mismos. Aunado a esto, el conflicto entre el arbolado y la infraestructura urbana obedece principalmente a varias fallas, entre las cuales resaltan la mala planificación, inadecuada elección de las especies y de los espacios donde se establecen (Fernández & Vargas, 2011).

Teniendo en cuenta esta situación, la Alcaldía Mayor de Bogotá mediante su programa Bogotá reverdece, estableció la fórmula de compensación 5 x 1 (Por cada árbol que sea talado se deben compensar cinco (5) individuos arbóreos nuevos) para el manejo silvicultural del recurso arbóreo en las obras que se tienen previstas en la ciudad, medida que fue adoptada mediante la Resolución 3158 de 2021 emitida por la Secretaría Distrital de Ambiente, a través de la cual se actualizaron e incluyeron los nuevos factores para el cálculo de la compensación por aprovechamiento forestal de los árboles aislados emplazados dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C (*Resolución 3158 de 2021* , 2021).

De igual manera, la alcaldesa Claudia López (2021) afirmó lo siguiente: *“Debemos reducir al mínimo la necesidad de tala cuando hacemos el diseño de las obras; optar siempre primero por el traslado del árbol que por la tala; y en última instancia talar si es necesario”* (Observatorio Ambiental de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente).

De esta manera, dada la necesidad del avance tecnológico, modernización de la ciudad en materia de infraestructura vial, y debido al incremento de licencias de

construcción otorgadas en Bogotá D.C., también tienden a aumentar la cantidad de intervenciones silviculturales al recurso arbóreo de la ciudad, que en su gran mayoría corresponden a la tala.

Por estas razones, y aunado a que en Colombia más específicamente en su capital Bogotá D.C, aún no se han realizado estudios que determinen la aptitud de traslado de individuos arbóreos por interferencia directa con el desarrollo de proyectos de obra e infraestructura, surgió la idea de realizar el presente proyecto de investigación mediante el cual, se desarrolló el modelo lógico que permitió calcular el potencial de traslado de todos los ejemplares arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de la ciudad, empleando como insumo principal la información contenida en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU a fecha del 15 de septiembre del 2022.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el potencial de traslado de los individuos arbóreos emplazados en espacio público por interferencia directa con el desarrollo de proyectos de obra e infraestructura dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., usando como insumo principal la información contenida en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU.

Objetivos específicos

- Identificar las variables más significativas contenidas en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, que se tienen en cuenta al momento de determinar la viabilidad de traslado de un individuo arbóreo.
- Establecer las ponderaciones ideales de las variables más significativas que se tendrán en cuenta al momento de realizar el geoprocesamiento.
- Desarrollar el modelo lógico que permita calcular el potencial de traslado de cada uno de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C.

1. Marco Teórico y Estado del Conocimiento

1.1 Proyectos de Obra e Infraestructura.

Los avances tecnológicos optimizan en las personas la calidad de vida, acrecientan el tiempo de ocio, contribuyen a disminuir la pobreza y desarrollan servicios nuevos que favorecen nuestro bienestar (Montoya P, 2018). De esta forma, el desarrollo tecnológico en el sector de la construcción ha venido evolucionando con el transcurso del tiempo, abriendo nuevas perspectivas, creando tendencias de innovación, y generando cambios positivos en la manera que se tenían de ver las cosas.

En Colombia, más específicamente en Bogotá D.C., los proyectos de obra e infraestructura están en auge, teniendo en cuenta que el Gobierno Nacional y la Alcaldía Mayor unieron esfuerzos para iniciar la modernización de la infraestructura vial de la capital del país.

Debido al aporte del Gobierno Colombiano de 39 billones de pesos y de la Alcaldía Mayor de Bogotá por 12 billones de pesos, se iniciará en el 2023 a edificar la mayor inversión en movilidad sostenible e infraestructura en la historia de la capital Colombiana (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2022).

Además, el Diario la República (2022) publicó que, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – Dane, para el espacio entendido entre febrero de 2021 y enero de 2022 en el Departamento de Cundinamarca y en Bogotá D.C., se aumentó en un 28,1% las licencias de construcción otorgadas en relación con el periodo anterior establecido entre febrero de 2020 y enero de 2021.

Este proceso de modernización, trae consigo muchos cambios significativos tanto en la calidad de vida de los Bogotanos, como en el tránsito y movilidad dentro de las vías de la

ciudad. No obstante, esta transición también contrae malestar en cierta parte de la comunidad, teniendo en cuenta que tanto en la fase de estudios y diseños como en la de ejecución, estos proyectos de obra e infraestructura generalmente tienden a afectar el recurso arbóreo de la ciudad, haciéndose indispensable la intervención de los mismos mediante diferentes actividades silviculturales, que en su gran mayoría corresponden a la tala.

Esta problemática ha sido trasladada por ciertos habitantes de la ciudad ante entes de control, alcanzando inclusive la rama judicial del estado quienes han tomado las medidas correspondientes, llegando a dictar medidas cautelares en administrativo que suspenden las labores constructivas de los proyectos de obra e infraestructura dentro de Bogotá D.C., y por ende toda intervención silvicultural del arbolado presente dentro del área de influencia del mismo (EL NUEVO SIGLO, 2021).

1.2 Silvicultura urbana

La silvicultura urbana se puede entender de diversas maneras, entendiéndose como el establecimiento de individuos arbóreos en sitios definidos, así como la planificación y el ordenamiento de toda la vegetación leñosa a gran escala dentro de los límites de una urbe y su perímetro (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010).

De forma general, la arborización articula a la ciudad con las áreas rurales inmediatas, formando conectividad, mejorando notablemente la calidad del paisaje, del aire, generando un ambiente de conformidad emocional en la población al incluir aspectos naturales al entorno artificial (Alcaldía Mayor de Bogotá & Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2011).

1.3 Manejo silvicultural

Son todas las labores y/o actividades enfocadas a la producción, establecimiento, manejo y sostenimiento del recurso arbóreo, entre las cuales resaltan la selección del material vegetal, propagación, plantación, fertilización, podas, manejo integrado de plagas y enfermedades, bloqueo y traslado, tala (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010). Las dos (2) actividades que más sobresalen y que se abordarán en el presente proyecto de investigación son:

1.3.1 Tala

Es la eliminación del individuo arbóreo mediante un corte técnico completo del fuste y/o estípite, independiente de su capacidad de regeneración (*Decreto 383, 2018*).

1.3.2 Bloqueo y Traslado

Se puede definir como la movilización de un individuo arbóreo de un lugar a otro. Esta actividad silvicultural se realiza cuando se tienen conflictos por un inadecuado emplazamiento, enmarcado en interferencia con redes aéreas o subterráneas, construcción y/o mantenimiento de obras e infraestructura y cualquier otro tipo de proyecto que requiera el traslado de arbolado (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2020).

Generalmente la reubicación y/o traslado de árboles se presenta como una estrategia para minimizar los impactos negativos que la pérdida de material vegetal acarrea y se realiza siguiendo los lineamientos técnicos establecidos, pero teniendo en cuenta varios aspectos claves como su estado físico y/o sanitario, especie, lugar de emplazamiento, edad, porte y altura; y su éxito depende de una correcta ejecución, la buena elección y preparación del

sitio final, adaptación edafoclimática del individuo arbóreo a su nuevo sitio de emplazamiento y de un mantenimiento adecuado, con el fin de contribuir con la supervivencia de los árboles trasladados.

1.4 Competencias en materia de silvicultura Urbana en Bogotá D.C

La Secretaría Distrital de Ambiente -SDA, es la autoridad ambiental dentro del perímetro urbano del Distrito Capital, encargada de efectuar la evaluación, control y seguimiento de los actos administrativos que constituyan permisos y/o autorizaciones en asuntos silviculturales. Para requerir los permisos y/o autorizaciones, el interesado ya sea persona natural o jurídica, privada o pública, le corresponde presentar la solicitud cumpliendo con el lleno de los requisitos tanto técnicos como jurídicos exigidos por esta entidad (*Decreto 383, 2018*).

1.5 Arbolado Urbano de Bogotá D.C

Cada individuo arbóreo que se encuentra dentro de la capital, hace posible la existencia en ella y optimiza la calidad de vida de sus habitantes, proporcionando múltiples beneficios tangibles e intangibles en la parte ambiental, paisajística, psicológica, recreativa, social y económica, considerándose como uno de los principales aspectos socioculturales del Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010).

El recurso arbóreo de Bogotá D.C demanda de herramientas de planeación que viabilicen una gestión más eficaz, haciéndose necesaria una revisión exhaustiva de las variables más significativas que caracterizan el arbolado urbano (Alcaldía Mayor De Bogotá et al., 2019). El estudio y/o análisis de estas variables se puede llevar a cabo con base en la

información suministrada por el Sistema para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU), quien proporciona de manera detallada la ubicación geográfica, código único asignado a cada individuo arbóreo presente en espacio público de uso público dentro de los límites urbanos de la ciudad, así como su clasificación taxonómica (nombre vulgar y/o común), algunas características dasométricas, y su lugar de emplazamiento.

Además, es el sistema oficial de información del arbolado urbano de la ciudad de Bogotá D.C., administrado por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y las demás entidades que intervienen dicho arbolado, garantizando que cada individuo arbóreo que sea plantado, reemplazado, o intervenido mediante alguna práctica silvicultural, sea incorporado y/o actualizado en la plataforma (*Decreto 383*, 2018).

La ciudad de Bogotá D.C., posee aproximadamente 1.160.526 individuos arbóreos ubicados en espacio público de uso público, con base en la información dispuesta en el SIGAU (Alcaldía Mayor De Bogotá et al., 2019).

1.6 Visor Geográfico

Es la herramienta central de un geoportal para el acceso a la información geográfica, el cual permite visualizar, analizar e interpretar la información allí contenida (Franco, 2016). La ciudad de Bogotá D.C., cuenta con dos (2) visores geográficos públicos que permiten el acceso a la información correspondiente al arbolado urbano emplazado en espacio público de uso público dentro de la periferia urbana de la ciudad; el visor del Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis” y el visor ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente.

1.7 Estudios Previos

La preocupación sobre la afectación del arbolado urbano debido a la interferencia directa con proyectos de obra e infraestructura, es un asunto de suma importancia en la gestión global de los árboles en entornos urbanos. A continuación, se mencionan algunos estudios y recursos pertinentes relacionados con este tema:

1. En la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, inició el Censo de Arbolado 2017 promovido por la Secretaría de Descentralización, con el objetivo de obtener información precisa sobre la cantidad, diversidad y salud de los árboles. Este censo urbano recopila datos detallados sobre cada árbol, como su ubicación geoespacial (coordenadas), identificación taxonómica, estado fitosanitario y otras variables relevantes. Además, recauda información más amplia, como las zonas con escasez de árboles o posibles conflictos con la infraestructura urbana. Debido a la gran cantidad de información que se necesita compilar sobre el arbolado urbano, el método tradicional de censo en papel ya no es eficiente. Por lo tanto, los municipios cuentan con la posibilidad de aprovechar las tecnologías disponibles en la actualidad, como el sistema Arbolado, que ofrece beneficios significativos para la gestión del arbolado urbano y facilita la recopilación de datos de manera más efectiva. (*Beneficios Del Uso de La Tecnología En El Arbolado Urbano - Blog Arbolado, n.d.*)
2. El Plan director del Arbolado Viario de la Ciudad de Madrid, España, establece las pautas para administrar los árboles en entornos urbanos y proporciona información sobre el potencial y manejo del arbolado en el contexto citadino, con el fin de buscar la conservación del recurso arbóreo existente como

componente esencial de la infraestructura ecológica de la ciudad (Ayuntamiento de Madrid, n.d.).

3. La Guía de Gestión del Arbolado Urbano en el Valle de Aburrá, elaborada en colaboración entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Nacional de Colombia, tiene como propósito fomentar la preservación y el manejo sostenible de los árboles en entornos urbanos. Esta guía proporciona los fundamentos conceptuales y técnicos para la planificación y gestión de los espacios verdes urbanos (EVU) con enfoque ambiental, dentro del contexto de la gestión y ordenamiento territorial en Colombia, con especial énfasis en Medellín y el Valle de Aburrá (Universidad Nacional de Colombia & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

En Colombia más específicamente en su capital Bogotá D.C, se encuentran los siguientes estudios y/o investigaciones relacionadas con el presente proyecto de investigación:

1. En el artículo Manejo del arbolado urbano en Bogotá, se resalta la importancia de la silvicultura urbana, el enfoque ecológico en la planificación y renovación urbana, el adecuado mantenimiento, la planificación estratégica, pues el arbolado urbano ha adquirido una gran relevancia debido a que se ha visto fuertemente afectado por el proceso de renovación urbana, lo que ha generado una mayor atención hacia su apropiada gestión (Corzo, 2007).
2. El libro Arbolado urbano de Bogotá, identificación, descripción y bases para su manejo, proporciona a los habitantes de la ciudad información amplia sobre los requerimientos, limitaciones, características, condiciones y beneficios de

los árboles en el entorno urbano. Además, establece bases sólidas para orientar sobre las acciones de las entidades, considerando que el manejo del arbolado urbano requiere criterios distintos a los aplicados en los bosques naturales y programas de reforestación (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010).

3. En el documento guía de manejo ambiental para el sector de la construcción, se imparten diferentes recomendaciones destinadas a reducir el impacto del cambio climático y promover la conectividad ecológica en la ciudad. Además, se enfoca en resaltar las buenas prácticas en la industria de la construcción, introduciendo elementos y conceptos para un manejo sustentable de los recursos como el agua, el suelo, la flora, la fauna, el aire y la energía. También aborda el ciclo de los materiales de construcción, tanto antes, durante como después de finalizar los proyectos de construcción (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaría Distrital de Ambiente SDA, 2013).

2. Metodología

2.1 Área de estudio

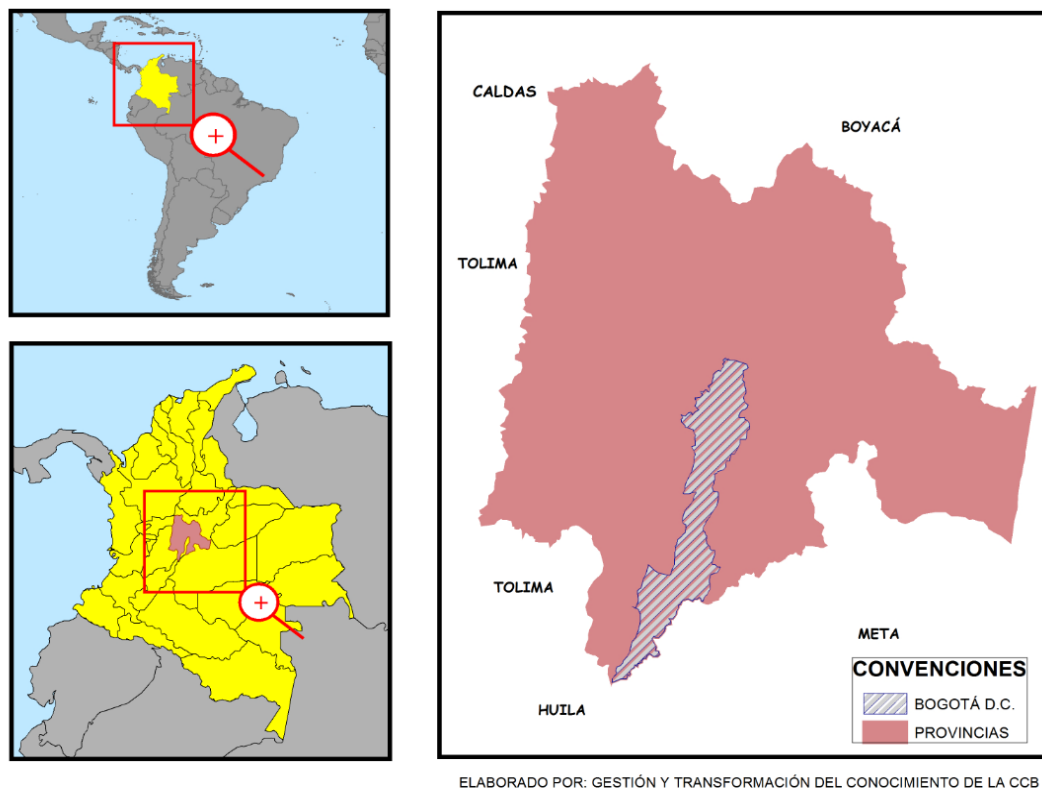
El estudio se realizó dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C. en el departamento de Cundinamarca. La ciudad se encuentra localizada en el Centro del país, en la cordillera oriental más exactamente, posee una extensión aproximada de 33 kilómetros de norte a sur y de 16 kilómetros de occidente a oriente, y se halla ubicada en las coordenadas (4° 35'56" Norte y 74°04'51" Oeste) (Alcaldía Mayor de Bogotá, n.d.-b). Bogotá D.C se encuentra a una elevación de 2630 msnm y en sus lugares más elevados alcanza los 4050 msnm (*BOGOTÁ D.C. - SOMOS CUNDINAMARCA*, n.d.).

En la página web SOMOS CUNDINAMARCA, se precisan los límites de la ciudad de la siguiente manera:

Al sur limita con los Departamentos del Huila y Meta, al Norte con el municipio de Chía, al oeste con el Río Bogotá y los municipios de Arbeláez, Cabrera, Cota, Funza, Mosquera, Pasca, San Bernardo, Sibaté, Soacha y Venecia del departamento de Cundinamarca. Por el Este llega hasta los Cerros orientales y los municipios de La Calera, Chipaque, Choachí, Gutiérrez, Ubaque, Une (*BOGOTÁ D.C. - SOMOS CUNDINAMARCA*, n.d.).

La ciudad de Bogotá D.C., cuenta con una segmentación administrativa de 20 localidades o distritos, las cuales congregan más de 1.200 barrios dentro de su perímetro urbano (Secretaría de Cultura, n.d.).

Figura 1. Localización geográfica de la región Bogotá y Cundinamarca.



Fuente. (Cámara de Comercio de Bogotá Dirección de Gestión del Conocimiento, 2019).

2.2 Insumos y procesamiento de la información

Para la elaboración del presente proyecto de investigación, se descargó el archivo shapefile del Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU a fecha del 15 de septiembre del 2022; el cual proporciona de manera detallada la ubicación geográfica, código único asignado a cada individuo arbóreo presente en espacio público de uso público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., así como su clasificación taxonómica (nombre vulgar y/o común), algunas características dasométricas, y su lugar de emplazamiento.

Dicho archivo fue obtenido directamente del visor de información geográfica del Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, a través del servicio dispuesto por esta

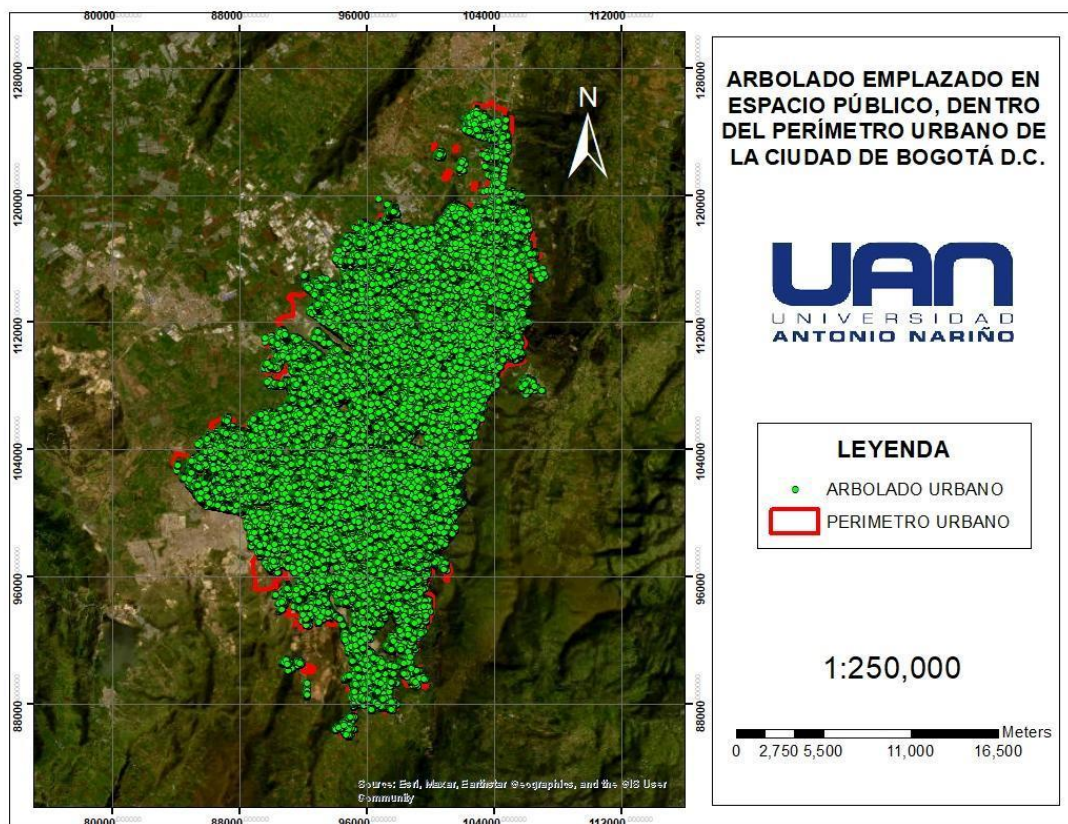
entidad; el cual permite la descarga en tiempo real de la información correspondiente al recurso arbóreo de la ciudad.

(<http://tablets.jbb.gov.co:85/ServiciosSIGA/api/ObtenerZipShapefile?usuario=serviciosSIGA&password=serviciosSIGA>).

De esta manera, se procedió con la extracción del fichero y apertura mediante el software ArcGIS Pro, encontrando que, para el 15 de septiembre del 2022, el recurso arbóreo de la ciudad contaba con 1.473.722 individuos arbóreos emplazados en espacio público de uso público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C.

Con el fin de contrastar que efectivamente el recurso arbóreo se encuentra ubicado dentro de los límites del perímetro urbano de la ciudad, se realizó la superposición con la cartografía oficial del Decreto 555 del 2021, "*Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.*", descargada de la página oficial de la Secretaría Distrital de Planeación (Secretaría Distrital de Planeación, 2021), concluyendo que todos los individuos arbóreos objeto de estudio; se encuentran emplazados dentro los límites precisados por dicho Decreto (Figura 2).

Figura 2. *Arbolado emplazado en espacio público de uso público, dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C.*



Fuente. Elaboración propia.

Posteriormente, teniendo en cuenta que, la cantidad de registros a procesar excedían el límite máximo establecido por las hojas de cálculo empleadas por los distintos programas de manejo de datos, se procedió a dar inicio a la creación y/o actualización de los registros correspondientes de la información necesaria para el establecimiento de las ponderaciones ideales de las variables más significativas que se tendrán en cuenta al momento del geoprocesamiento; empleando la herramienta selección por atributos del software ArcGIS Pro, que mediante expresiones de consulta SQL permite la elección de las entidades que coinciden con los criterios de búsqueda (ESRI, n.d.).

2.3 Variables más significativas y sus respectivas ponderaciones ideales

A continuación, se describen las variables más significativas identificadas y las respectivas ponderaciones establecidas que se tuvieron en cuenta al momento de desarrollar el modelo lógico, que permitió calcular el potencial de traslado de cada uno de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., así como los parámetros y/o criterios técnicos que se tuvieron en cuenta al momento de fijarlas:

2.3.1 Origen de la especie

Para esta variable se empleó la información consignada en el libro Arbolado Urbano de Bogotá, emitido por la Alcaldía Mayor de Bogotá en el mes de agosto del año 2010, bajo la investigación, coordinación y dirección de profesionales adscritos a la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”; el cual de manera específica describe, detalla e imparte las bases para el manejo silvicultural de la gran mayoría de los individuos arbóreos más representativos presentes en la ciudad de Bogotá, con base en la información derivada del Censo del Arbolado Urbano – CAU, realizado entre los años 2005 y 2007 (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010).

Es de notar que, en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, viene registrado el nombre vulgar o común de todas las especies arbóreas, arbustivas y/o palmas presentes en espacio público de uso público dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá; sin embargo, en algunos casos, las especies no se encontraron relacionadas en la literatura en mención, para lo cual, se emplearon algunas páginas Web para tratar de dar con el origen de estas, entre las cuales se destacan, Nombres comunes plantas Bogotá del Jardín Botánico “José Celestino Mutis”

(<https://nombrescomunes.jbb.gov.co/site/index>), Catálogo de árboles urbanos en Colombia de la universidad EIA y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (<https://catalogoarbolesurbanos.eia.edu.co/project>), Catálogo virtual del alta montaña de la universidad EIA (<https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/species/209>), Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá de la universidad EIA (<https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co>), NaturalistaCO de California Academy of Sciences y National Geographic Society (<https://colombia.inaturalist.org/taxa>) y Nombres comunes de las plantas de Colombia de la universidad Nacional de Colombia (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/es/>).

Así mismo, es importante mencionar que el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, presenta varias inconsistencias, enmarcadas en la duplicidad en sus registros, debido a que algunas especies vienen relacionadas varias veces, así como especies sin identificación taxonómica registradas como “NN” u “Otro”, por lo que no fue posible determinar su origen verdadero.

De igual manera, en algunos casos tampoco se logró establecer el origen de ciertas de las especies, teniendo en cuenta que, los nombres comunes o vulgares de las mismas pueden variar de un lugar a otro, haciendo que se encuentren múltiples alias para la misma especie, o que sencillamente su nombre común haga alusión a gran variedad tanto de géneros como de especies. Otra dificultad se presentó para varias de las especies registradas, pues su origen no es muy claro y en algunas páginas web registran su origen como desconocido o confuso.

De acuerdo a lo anterior, se añadió un campo de tipo texto en el cual se consignó el origen de cada una de las especies, usando la palabra “Nativa” para aquellas que son

autóctonas de la región y/o del País, “Exótica” para aquellas que son foráneas o introducidas, y “Sin Registros” para las cuales no fue posible establecer su verdadero origen.

En la siguiente tabla se detallan las ponderaciones establecidas para esta variable cualitativa y la equivalencia porcentual dentro del modelo, considerando que las especies Nativas son esenciales para el funcionamiento, recuperación y conservación de la biodiversidad de los ecosistemas; razones por las cuales se le asignó un valor más alto respecto a las Exóticas. Para el caso de las especies que no se tiene registro de su origen y con el fin de evitar sesgos futuros, se le fijó un valor intermedio tal y como se detalla en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Ponderaciones establecidas para la variable origen de la especie.

ORIGEN ESPECIE	PONDERACIÓN	EQUIVALENCIA (%)
NATIVA	10	10
SIN REGISTROS	6	
EXÓTICA	2	

Fuente. Elaboración propia.

Es de resaltar que, no se usó ponderación “0” en esta variable teniendo en cuenta que las especies Exóticas y/o introducidas también cumplen roles ecosistémicos, visuales, y aún se encuentran incluidas dentro de los diseños paisajísticos de la ciudad.

2.3.2 Especie apta para el arbolado urbano

Para el establecimiento de las ponderaciones de esta variable cualitativa, se usaron textualmente las consideraciones técnicas descritas en el libro Arbolado Urbano de Bogotá, el cual consigna las investigaciones de profesionales en la materia como ingenieros forestales, botánicos, jardineros y arquitectos paisajistas (Alcaldía Mayor de Bogotá et al.,

2010), que, con base en sus estudios y experiencias, determinaron las especies que son aptas o no para el arbolado urbano de la ciudad.

De igual manera, es de resaltar que, algunas de las especies registradas en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, no se encuentran relacionadas en el libro Arbolado Urbano de Bogotá, y tampoco se encontraron estudios adicionales que determinen si son aptas o no para el arbolado urbano de Bogotá D.C.

Como se mencionó anteriormente, el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, presenta varias inconsistencias, como la duplicidad en sus registros, especies sin identificación taxonómica relacionadas como “NN” u “Otro”. Además, se encontraron registros de especies Herbáceas que no presentan tallos leñosos y que por tanto sus tejidos no forman madera y no se pueden considerar árboles u arbustos como tal.

Así mismo, se hallaron consignadas especies exóticas declaradas como invasoras mediante la Resolución 848 de 2008 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la cual fue ratificada en el Distrito Capital a través de la Resolución 7615 de 2009 emitida por la Secretaría Distrital de Ambiente, mediante la cual se prohíbe la producción, plantación y comercialización de dichas especies. (Resolución Conjunta 001 de 2017).

Del mismo modo, se corroboraron registros de especies que no requieren de permiso y/o autorización para su intervención silvicultural por parte de la autoridad ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución Conjunta 001 de 2017 expedida por la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, a través de la

cual se modificó el artículo 4° de la Resolución 5983 de 2011 mediante la cual se establecieron las especies vegetales que no requieren de permiso para manejos silviculturales (*Resolución Conjunta 001 de 2017*, 2017). Cabe resaltar que, ningún registro de estas especies mencionadas anteriormente fue discriminadas y/o suprimidas del geoproceso.

Con base en lo descrito anteriormente, se procedió a crear un campo de tipo texto en el cual se registraron las consideraciones técnicas descritas en el libro Arbolado Urbano de Bogotá. En la siguiente tabla se detallan las ponderaciones establecidas para esta variable y la equivalencia porcentual dentro del modelo, considerando valores más altos para aquellas especies que son aptas y/o acordes para el arbolado urbano de la ciudad, valores intermedios para aquellas que se encuentran en periodo de experimentación y/o para las cuales no se encontraron registros, y una estimación más baja para aquellas que definitivamente no son aptas para el arbolado urbano (Tabla 2).

Tabla 2. *Ponderaciones establecidas para la variable especie apta para el arbolado urbano.*

ESPECIE APTA PARA EL ARBOLADO URBANO	PONDERACIÓN	EQUIVALENCIA (%)
SI	15	15
APTA ACORDE CON CRITERIOS DE EMPLAZAMIENTO Y OTROS	12	
EN EXPERIMENTACIÓN	9	
SIN REGISTROS	6	
NO	3	

Fuente. Elaboración propia.

Es de notar que, no se usó ponderación “0” en esta variable teniendo en cuenta que, a pesar de que algunas especies no sean aptas para el arbolado urbano de la ciudad, se

encuentran ubicadas y/o emplazadas en el espacio público del Distrito Capital, cumpliendo con sus servicios ecosistémicos, visuales, paisajísticos, y por ende su ponderación no puede ser del todo nula.

2.3.3 Susceptibilidad al volcamiento

En esta variable cualitativa se consideraron las especies que poseen sistema radicular superficial que no le garantiza un correcto anclaje al suelo, careciendo de buena sostenibilidad y firmeza, haciéndolos vulnerables a factores ambientales como fuertes vientos, lluvias y escorrentía. Además, estas especies dificultan las labores silviculturales del bloqueo y traslado, y su posterior adaptación es más dispendiosa o casi imposible al nuevo sitio de emplazamiento, en el hipotético caso de llevarse a cabo su reubicación.

Para la identificación de estas especies, se tuvieron en cuenta los reportes publicados por el Observatorio Ambiental de Bogotá de la Secretaría Distrital de Ambiente (2019), en donde establecen las especies con mayor índice de volcamiento en el Distrito Capital, entre las cuales se destacan “Las acacias (negra, japonesa, morada y baracatinga), eucaliptos (plateado y común), ciprés, calistemo y sauco, entre otras.” (Observatorio Ambiental de Bogotá & Secretaría Distrital de Ambiente, 2019).

Además, otro reporte más reciente divulgado por la Alcaldía Mayor de Bogotá (2023), afirma lo siguiente: “Las acacias negras, japonesas y moradas; los cauchos sabaneros, saucos, ciprés, eucaliptos comunes y las chicalás son algunas de las especies que más se vuelcan en la ciudad.” (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2023).

Del mismo modo, a criterio propio y con base en las experiencias obtenidas, se incluyeron todas las variedades y/o especies de los géneros *Acacia*, *Eucalyptus*, *Ficus*, *Pinus*, *Cupressus*, *Paraserianthes*, *Leucaena*, *Callistemon*, *Tephrosia*, *Chamaecyparis*, *Cryptomeria*, *Juniperus*, *Casuarina*, *Psoralea*, *Sequoia*; *Thuja*; las cuales presentan continuas fracturas y/o desgarres en sus bifurcaciones y/o ramificaciones principales, generando daño mecánico grave en el fuste de los individuos, enmarcado en la descompensación, desplazamiento del centro masa, pérdida de verticalidad y por ende el eventual evento del volcamiento espontáneo.

Así las cosas, se procedió a crear un campo de tipo texto en el cual se registró si es susceptible al volcamiento o no, considerando una ponderación más alta para aquellas que “NO” son susceptibles al volcamiento y una más baja para aquellas que “SI” presentan susceptibilidad a este evento (Tabla 3).

Tabla 3. Ponderaciones establecidas para la variable susceptibilidad al volcamiento.

SUSCEPTIBILIDAD AL VOLCAMIENTO	PONDERACIÓN	EQUIVALENCIA (%)
NO	20	20
SI	4	

Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que, no se usó ponderación “0” en esta variable dado que, a pesar de que algunas especies presentan susceptibilidad al volcamiento, dificulten en cierto modo las labores silviculturales del bloqueo y traslado, y su posterior adaptación a un nuevo sitio sea más dispendiosa, no es factible establecer una ponderación nula.

2.3.4 Resistencia al bloqueo y traslado

La determinación de las ponderaciones apropiadas para esta variable cualitativa, se realizó con base en la información consignada en el libro Arbolado Urbano de Bogotá, emitido por la Alcaldía Mayor de Bogotá en el mes de agosto del año 2010, bajo la investigación, coordinación y dirección de profesionales adscritos a la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”; el cual establece de forma detallada la resistencia y/o aptitud a la ejecución de esta actividad silvicultural para la mayoría de las especies requeridas, resaltando que, no todas las especies son tolerantes a la reubicación y/o trasplante, pues algunas son muy perceptibles y cualquier alteración en su sistema radicular es un agravante para provocar su muerte (Alcaldía Mayor de Bogotá et al., 2010).

No obstante, se encontraron algunas excepciones en las cuales las especies no se encontraron relacionadas en la literatura en mención, y tampoco fue posible hallar estudios complementarios que establezcan la resistencia de las mismas a esta práctica silvicultural.

De este modo, se creó un campo de tipo texto en el cual se registraron las consideraciones técnicas descritas en el libro Arbolado Urbano de Bogotá. En la siguiente tabla se detallan las ponderaciones establecidas para esta variable y la equivalencia porcentual dentro del modelo (Tabla 4).

Tabla 4. Ponderaciones establecidas para la variable resistencia al bloqueo y traslado.

RESISTENCIA AL BLOQUEO Y TRASLADO	PONDERACIÓN	EQUIVALENCIA (%)
FÁCIL	20	20
MUY RESISTENTE		
RESISTENTE		
TÉCNICAMENTE RESISTENTE		
RESISTENTE CON MANEJO TÉCNICO		
MODERADAMENTE RESISTENTE	16	

MODERADAMENTE RESISTENTE EXIGENTE EN MANEJO TÉCNICO	
MODERADAMENTE RESISTENTE SUGIRIENDO LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA	
MODERADAMENTE RESISTENTE REQUIERE DE MANEJO ESPECIAL	
MODERADAMENTE RESISTENTE - DELICADO	12
EN SU ESTADO JUVENIL	
PARA INDIVIDUOS MUY PEQUEÑOS	
EN ESTUDIO	
EN EXPERIMENTACIÓN	
SIN REGISTROS	8
NO ACONSEJABLE	
NO PRACTICADO	
DELICADO	4
NO APTO	
NO RESISTENTE	
MUY DELICADO	

Fuente. Elaboración propia.

Es importante resaltar que, no se usó ponderación “0” en esta variable, aunque en los estudios y/o literatura empleada se establezca que, para algunas especies es casi imposible y/o nula su posterior supervivencia luego de ser reubicadas, existe cierta certidumbre o perspectiva a que puedan perdurar a la ejecución de esta actividad silvicultural.

2.3.5 Sitio de emplazamiento

Esta variable cualitativa juega un papel muy importante al momento de determinar la viabilidad de realizar el trasplante y/o reubicación de un individuo arbóreo, pues es el sitio en el cual se encuentra ubicado inicialmente el ejemplar y el que determina si se puede o no realizar el prebloqueo, las excavaciones laterales con el fin de conformar el bloque de pan de tierra adecuado, el corte de las raíces secundarias ancladas al suelo, el destronque o separación final del individuo del suelo, su Izaje y finalmente su traslado.

Para la determinación de esta variable, primeramente fue necesario establecer las equivalencias de los códigos de emplazamiento registrados en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU, con los dominios de los atributos relacionados en el catálogo de objetos geográficos del Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, dispuesto en la página de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD versión 4.6 (https://jbb.gov.co/documentos/planeacion/2022/noviembre/Catalogo_de_objetos_geograficos_JBB_Version_4-6.pdf), teniendo en cuenta que, solo con los códigos relacionados en el archivo shapefile no es posible identificar y/o establecer el lugar de emplazamiento de cada uno de los individuos arbóreos ubicados en espacio público de uso público dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C.

Así las cosas, se creó un campo de tipo texto en el cual se registraron todos los sitios y/o lugares de emplazamiento relacionados, considerando ponderaciones más altas para aquellos sitios que poseen mayor área de zonas verdes, blandas y/o con mayor permeabilidad; o en los lugares cuya probabilidad es más alta desde el punto de vista técnico para poder conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado exitoso, y unas ponderaciones más bajas para los sitios en los cuales es más dispendioso o prácticamente inviable efectuar esta actividad silvicultural. En la siguiente tabla se detallan las ponderaciones establecidas para esta variable y la equivalencia porcentual dentro del modelo (Tabla 5).

Tabla 5. *Ponderaciones establecidas para la variable sitio de emplazamiento.*

CODIGO	TIPO DE EMPLAZAMIENTO	PONDERACIONES	EQUIVALENCIA (%)
H1	RONDAS NACÍMIENTOS	20	20
H2	RONDAS DE QUEBRADAS		

H3	RONDAS RÍOS		
H4	RONDAS CANALES		
H5	RONDAS HUMEDALES		
H6	RONDAS DE LAGOS		
L1	PARQUES METROPOLITANOS		
L2	PARQUES ZONALES		
L3	PARQUES DE BARRIO		
L7	PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL		
P1	FRANJA DE CONTROL AMBIENTAL		
U12	ALAMEDA		
H4	RONDAS CANALES		16
U4	SEPARADOR BLANDO ANCHO		
U15	SEPARADOR MÍXTO ANCHO		
U14	ANDÉN CON ZONA VERDE ANCHA		
AD1	ARENERAS	12	
AD2	GRAVILLERAS		
AD3	CHIRCALES		
FS1	LINEAS CONDUCCIÓN ENERGÍA		
U3	SEPARADOR BLANDO ANGOSTO		
U5	SEPARADOR MÍXTO ANGOSTO		
U13	ANDÉN CON ZONA VERDE ANGOSTA		
AD4	DISPOSICIÓN DE BASURAS	8	
AD5	DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS		
U1	CORREDORES FÉRREOS		
U7	GLORIETA DE INTERSECCIÓN VÍAL		
U8	OREJAS DE PUENTES		
FS2	REDES MATRICES SERVICIOS PÚBLICOS	4	
L4	PLAZAS		
L5	PLAZOLETAS		
L6	PLAZA VECINAL		
U2	CONFORMACIÓN ESPACIO VEHÍCULAR		
U6	SEPARADOR SUPERFÍCIE DURA		
U9	ÁRBOL AL LADO DE CÍCLORUTAS		
U10	VÍAS PEATONALES		
U11	ANDÉN SIN ZONA VERDE		

Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que, no se usó ponderación “0” en esta variable teniendo en cuenta que, a pesar de que algunos sitios de emplazamiento no cuenten con una amplia área de zona verde y/o blanda, y aunque prácticamente sea inviable la extracción de su sistema radicular

del suelo, existe cierta certidumbre o posibilidad de que en los proyectos de obra e infraestructura que se puedan llegar desarrollar dentro del perímetro urbano de la ciudad, se contemple el rompimiento, excavación de la zona dura y/o se pueda conformar un bloque de pan de tierra reducido para realizar su bloqueo y traslado.

2.3.6 Rangos altimétricos

Para el establecimiento de esta variable cuantitativa, se tomaron como referencia algunos de los rangos de altura en metros establecidos en la Resolución No. 3158 del 30/09/2021 expedida por la Secretaria Distrital de Ambiente “*Por la cual se actualizan e incluyen nuevos factores para el cálculo de la compensación por aprovechamiento forestal de árboles aislados en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C. y se adoptan otras determinaciones*”; realizando así algunos ajustes en los rangos altimétricos, haciendo la respectiva reclasificación teniendo en cuenta las alturas de los individuos arbóreos registradas en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU.

De acuerdo a lo anterior, y teniendo en cuenta las experiencias obtenidas en campo al realizar actividades silviculturales de bloqueo y traslado, los ejemplares arbóreos que presentan alturas menores facilitan las labores de prebloqueo y bloqueo, permiten normalizar de forma adecuada las cargas aéreas al realizar su Izaje, y finalmente simplifican el traslado a su sitio final.

Así las cosas, se añadió un campo numérico de tipo entero corto, en el cual se fijaron los rangos altimétricos, estableciendo ponderaciones más altas para aquellos individuos que presentan alturas menores y/o para los que desde el punto de vista técnico es más factible su

reubicación. En la siguiente tabla se detallan las ponderaciones establecidas para esta variable y la equivalencia porcentual dentro del modelo (Tabla 6).

Tabla 6. *Ponderaciones establecidas para la variable rangos altimétricos.*

ALTURAS TOTALES (m)	RANGOS ALTIMÉTRICOS	PONDERACIONES	EQUIVALENCIA (%)
< 5.0	1	10	10
5.01 - 10.0	2	8	
10.01 - 15.0	3	6	
15.01 - 20.0	4	4	
> 20.01	5	2	

Fuente. Elaboración propia.

Es importante mencionar que, no se usó ponderación “0” en esta variable teniendo en cuenta que, a pesar de que algunos individuos se encuentren incluidos en los rangos altimétricos más altos y presenten un porte considerable, no es del todo inviable considerar su reubicación. Sin embargo, se debe tener claro que es más dispendioso operativamente normalizar de forma adecuada las cargas aéreas al realizar su Izaje, bloqueo y/o traslado. Aunado a lo anterior, es indispensable poseer un amplio presupuesto, se debe contar con maquinaria de última tecnología que permita o soporte el peso de estos ejemplares y tener en cuenta las posibles afectaciones a las redes aéreas que interfieran en la ejecución de esta actividad silvicultural.

2.3.7 Especies en veda

Con el fin de darle un plus al modelo y contribuir con la preservación del recurso arbóreo en la ciudad, se estableció esta variable cualitativa tomando como referencia la circular 8201-2-808 del 09/12/2019 expedida por la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la

cual, se impartieron los lineamientos técnicos para la preservación de especies en veda, y se tuvieron en cuenta las especies arbóreas y arbustivas con medida de protección y/o en veda registradas en su anexo respectivo (<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Circular-MADS-8201-2-808-del-09-12-2019-Anexo.pdf>).

De esta manera, se creó un campo de tipo texto en el cual registró si es una especie en veda o no, considerando una ponderación más alta para aquellas que “SI” presentan medidas de protección y/o conservación, y una intermedia para aquellas que “NO” la presentan, tal como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 7).

Tabla 7. Ponderaciones establecidas para la variable especies en veda.

ESPECIE EN VEDA	PONDERACIÓN	EQUIVALENCIA (%)
SI	5	5
NO	3	

Fuente. Elaboración propia.

2.4 Cálculo del potencial de traslado

Para la obtención del potencial de traslado de todos y cada uno de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., primeramente, se realizó el cálculo de la ponderación final, la cual se define como el resultado de la sumatoria de las ponderaciones ideales establecidas para las variables cualitativas y/o cuantitativas más significativas identificadas y empleadas en el desarrollo del modelo lógico.

Acto seguido, se procedió con la identificación del valor máximo y el valor mínimo, con los cuales se realizó el cálculo de la amplitud para los diferentes rangos o categorías

establecidas, y finalmente su equivalencia y/o la obtención del potencial de traslado, tal como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 8).

Tabla 8. Rangos establecidos para la obtención del potencial de traslado y sus respectivos valores finales.

POTENCIAL DE TRASLADO	VALORES PONDERACIÓN FINAL	AMPLITUD DEL RANGO
MUY ALTO	> 86	14
ALTO	70 - 85	15
MEDIO	54 - 69	15
BAJO	38 - 53	15
MUY BAJO	< 37	15

Fuente. Elaboración propia.

2.5 Desarrollo del modelo lógico

Para el desarrollo del modelo que permitió calcular el potencial de traslado de cada uno de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C, se empleó la herramienta ModelBuilder del software ArcGIS, la cual se define como un lenguaje de programación visual, empleado para establecer y/o modificar flujos de trabajo de geoprociamiento, que permiten automatizar y justificar los métodos de análisis espacial y administración de datos.

Estos modelos de geoprociamiento se representan mediante un esquema que enlaza las secuencias de los procesos y herramientas, usando el resultado de un proceso como el inicio de otro (Esri, n.d.).

Figura 3. Estructura orgánica usada en el ModelBuilder.



Fuente. (GIS & BEERS, n.d.).

2.5.1 Adición y cálculo de los campos de las ponderaciones establecidas para cada una de las variables

Luego de crear y/o actualizar todos los registros con la información requerida para el desarrollo del modelo lógico, se procedió a realizar el geo proceso mediante la herramienta ModelBuilder del software ArcGIS Desktop, adicionando los campos necesarios para realizar el establecimiento de las diferentes ponderaciones determinadas para cada una de las variables.

De esta manera, empleando el lenguaje de programación VB Script, se realizó el cálculo de todos los campos añadidos ingresando los diferentes códigos de bloque para cada variable, tal como se detallan a continuación:

2.5.1.1 Ponderación variable origen de la especie "PON_OR_ESP"

Expression: A

Code Block:

```

Dim A
if [ORIG_ESPE]="NATIVA" then
A=10
elseif [ORIG_ESPE]="SIN REGISTROS" then
A=6
elseif [ORIG_ESPE]="EXÓTICA" then
A=2
end if
  
```

2.5.1.2 Ponderación variable especie apta para el arbolado urbano "PON_AP_ARB"

Expresssion: B

Code Block:

Dim B

if [APTA_ARB]="SI" then

B=15

elseif [APTA_ARB]="APTA ACORDE CON CRITERIOS DE EMPLAZAMIENTO Y OTROS" then

B=12

elseif [APTA_ARB]="EN EXPERIMENTACIÓN" then

B=9

elseif [APTA_ARB]="SIN REGISTROS" then

B=6

elseif [APTA_ARB]="NO" then

B=3

end if

2.5.1.3 Ponderación variable susceptibilidad al volcamiento "PON_SU_VOL"

Expresssion: C

Code Block:

Dim C

if [SUSC_VOLCA]="NO" then

C=20

elseif [SUSC_VOLCA]="SI" then

C=4

end if

2.5.1.4 Ponderación variable resistencia al bloqueo y traslado "PON_RE_TRA"

Expresssion: D

Code Block:

Dim D

if [TRASLADO]="FACIL" then

D=20

elseif [TRASLADO]="MUY RESISTENTE" then

D=20

elseif [TRASLADO]="RESISTENTE" then

D=20

elseif [TRASLADO]="TÉCNICAMENTE RESISTENTE" then

D=20

```

elseif [TRASLADO]="RESISTENTE CON MANEJO TÉCNICO" then
D=20
elseif [TRASLADO]="MODERADAMENTE RESISTENTE" then
D=16
elseif [TRASLADO]="MODERADAMENTE RESISTENTE EXIGENTE EN
MANEJO TÉCNICO" then
D=16
elseif [TRASLADO]="MODERADAMENTE RESISTENTE SUGIRIENDO LA
PROPAGACIÓN VEGETATIVA" then
D=16
elseif [TRASLADO]="MODERADAMENTE RESISTENTE REQUIERE DE
MANEJO ESPECIAL" then
D=16
elseif [TRASLADO]="MODERADAMENTE RESISTENTE - DELICADO" then
D=12
elseif [TRASLADO]="EN SU ESTADO JUVENIL" then
D=12
elseif [TRASLADO]="PARA INDIVIDUOS MUY PEQUEÑOS" then
D=12
elseif [TRASLADO]="EN ESTUDIO" then
D=12
elseif [TRASLADO]="EN EXPERIMENTACIÓN" then
D=12
elseif [TRASLADO]="SIN REGISTROS" then
D=12
elseif [TRASLADO]="NO ACONSEJABLE" then
D=8
elseif [TRASLADO]="NO PRACTICADO" then
D=8
elseif [TRASLADO]="DELICADO" then
D=8
elseif [TRASLADO]="NO APTO" then
D=4
elseif [TRASLADO]="NO RESISTENTE" then
D=4
elseif [TRASLADO]="MUY DELICADO" then
D=4
end if

```

2.5.1.5 Ponderación variable sitio de emplazamiento "PON_EMP"

Expression: E

Code Block:

Dim E

if [EMPLAZ]="RONDAS NACÍMIENTOS" then

```
E=20
elseif [EMPLAZ]="RONDAS DE QUEBRADAS" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="RONDAS RÍOS" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="RONDAS HUMEDALES" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="RONDAS DE LAGOS" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="PARQUES METROPOLITANOS" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="PARQUES ZONALES" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="PARQUES DE BARRIO" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="FRANJA DE CONTROL AMBIÉNTAL" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="ALAMEDA" then
E=20
elseif [EMPLAZ]="RONDAS CANALES" then
E=16
elseif [EMPLAZ]="SEPARADOR BLANDO ANCHO" then
E=16
elseif [EMPLAZ]="SEPARADOR MÍXTO ANCHO" then
E=16
elseif [EMPLAZ]="ANDÉN CON ZONA VERDE ANCHA" then
E=16
elseif [EMPLAZ]="ARENERAS" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="GRAVILLERAS" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="CHIRCALES" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="LINEAS CONDUCCIÓN ENERGÍA" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="SEPARADOR BLANDO ANGOSTO" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="SEPARADOR MÍXTO ANGOSTO" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="ANDÉN CON ZONA VERDE ANGOSTA" then
E=12
elseif [EMPLAZ]="DISPOSICIÓN DE BASURAS" then
E=8
elseif [EMPLAZ]="DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS" then
```



```

E=8
elseif [EMPLAZ]="CORREDORES FÉRREOS" then
E=8
elseif [EMPLAZ]="GLORIETA DE INTERSECCIÓN VÍAL" then
E=8
elseif [EMPLAZ]="OREJAS DE PUENTES" then
E=8
elseif [EMPLAZ]="REDES MATRICES SERVICIOS PÚBLICOS" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="PLAZAS" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="PLAZOLETAS" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="PLAZA VECINAL" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="CONFORMACIÓN ESPACIO VEHÍCULAR" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="SEPARADOR SUPERFÍCIE DURA" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="ÁRBOL AL LADO DE CÍCLORUTAS" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="VÍAS PEATONALES" then
E=4
elseif [EMPLAZ]="ANDÉN SIN ZONA VERDE" then
E=4
end if

```

2.5.1.6 Ponderación variable rangos altimétricos "PON_RA_ALT"

Expresssion: F

Code Block:

```

Dim F
if [RANG_ALT]=1 then
F=10
elseif [RANG_ALT]=2 then
F=8
elseif [RANG_ALT]=3 then
F=6
elseif [RANG_ALT]=4 then
F=4
elseif [RANG_ALT]=5 then
F=2
end if

```

2.5.1.7 Ponderación variable especies en veda “PON_VEDA”

Expresssion: G

Code Block:

```
Dim G
if [VEDA_M]="SI" then
G=5
elseif [VEDA_M]="NO" then
G=3
end if
```

2.5.1.8 Ponderación final “PON_FINAL”

Expresssion: [PON_OR_ESP]+ [PON_AP_ARB]+ [PON_SU_VOL]+
[PON_RE_TRA]+ [PON_EMP]+ [PON_RA_ALT]+ [PON_VEDA]

2.5.1.9 Calculo potencial de traslado “POT_TRAS”

Expresssion: H

Code Block:

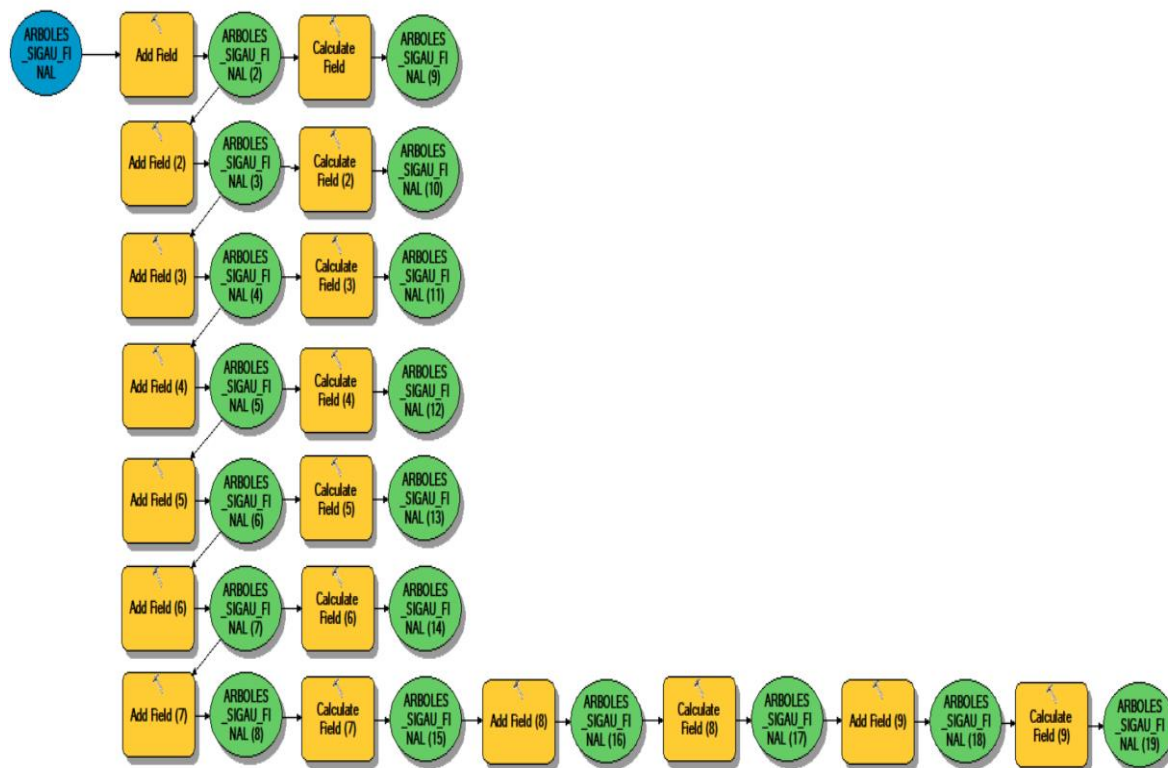
```
Dim H
if [PON_FINAL] <=37 then
H="MUY BAJO"
elseif [PON_FINAL]>=38 AND [PON_FINAL] <=53 then
H="BAJO"
elseif [PON_FINAL]>=54 AND [PON_FINAL] <=69 then
H="MEDIO"
elseif [PON_FINAL]>=70 AND [PON_FINAL] <=85 then
H="ALTO"
elseif [PON_FINAL]>=86 then
H="MUY ALTO"
end if
```

2.5.2 Visualización y validación del modelo lógico

Luego de adicionados y/o calculados los campos con las ponderaciones establecidas para cada una de las variables, se procedió a realizar la validación del modelo lógico, el cual corrió con éxito y permitió calcular el potencial de traslado de todos los individuos arbóreos

emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C. A continuación, se presenta la secuencia esquemática empleada en el modelo (Figura 4).

Figura 4. Estructura del modelo lógico.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 5. Visualización de los campos adicionales y/o calculados para cada una de las variables, en la tabla de atributos del archivo shapefile.

ORIG_ESPE	VEDA_M	RANG_ALT	PON_OR_ESP	PON_AP_ARB	PON_SU_VOL	PON_RE_TRA	PON_EMP	PON_RA_ALT	PON_VEDA	PON_FINAL	POT_TRAS
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	2	2	15	20	12	4	8	3	64	MEDIO
EXÓTICA	NO	2	2	15	20	12	12	8	3	72	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	2	2	15	20	12	12	8	3	72	ALTO
EXÓTICA	NO	2	2	15	20	12	4	8	3	64	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	20	10	3	82	ALTO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO
EXÓTICA	NO	1	2	15	20	12	4	10	3	66	MEDIO

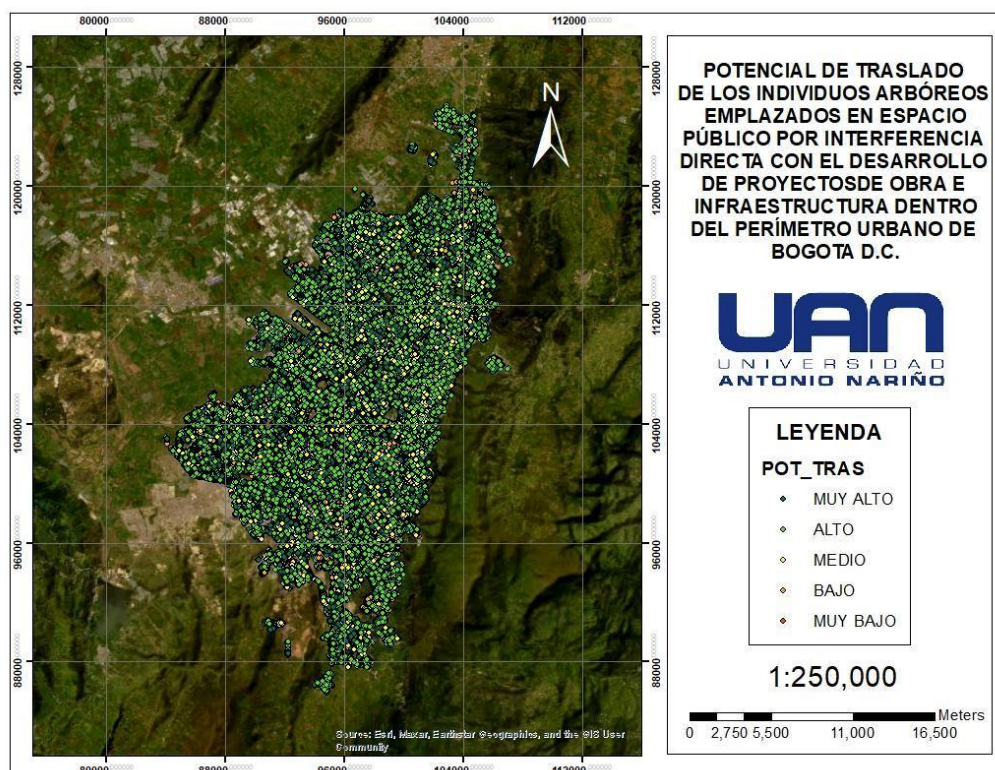
Fuente. Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis de los resultados

Luego de la validación exitosa del modelo lógico que permitió calcular el potencial de traslado de todos los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., se pudo corroborar que, de los 1.473.722 individuos arbóreos totales, 334.168 (22.68 %) presentan un potencial de traslado “Muy alto”, 732.253 (49.69 %) un potencial “Alto”, 186.250 (12.64 %) un potencial “Medio”, 205.080 (13.92 %) un potencial “Bajo” y 15.971 (1.08 %) un potencial “Muy bajo”. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 6).

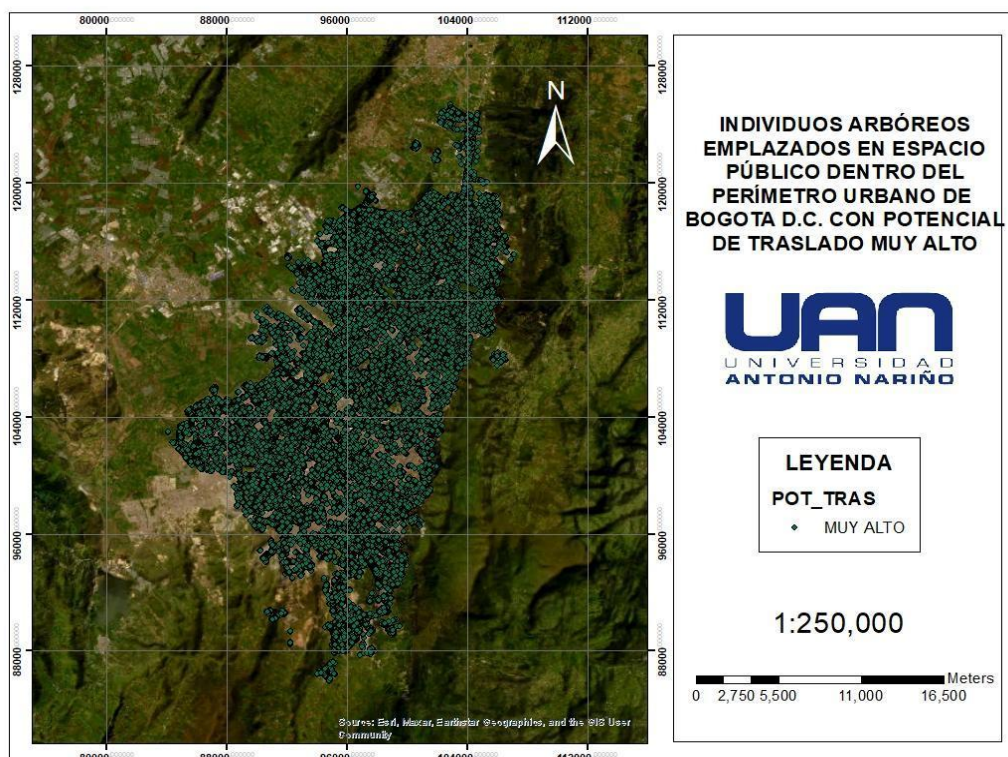
Figura 6. *Potencial de traslado de los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C.*



Fuente. Elaboración propia.

Para los 334.168 individuos arbóreos que presentan un potencial de traslado “Muy alto”, se pudo corroborar que, 234.225 (70.9 %) son especies nativas y 99.943 (29.1 %) son exóticas, el 100 % son especies que no son susceptibles al volcamiento, el 72 % son especies aptas para el arbolado urbano de la ciudad, 317.647 (95.05 %) son individuos con alturas menores a 5 metros, 300.605 (89 %) ejemplares se encuentran emplazados en zonas con suficiente área verde y/o permeable que permite conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado, el 47.79 % son individuos resistentes al traslado y el 36.27 % moderadamente resistentes, y el 95.02 % son especies que no se encuentran en veda o no presentan medida de protección especial. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 7).

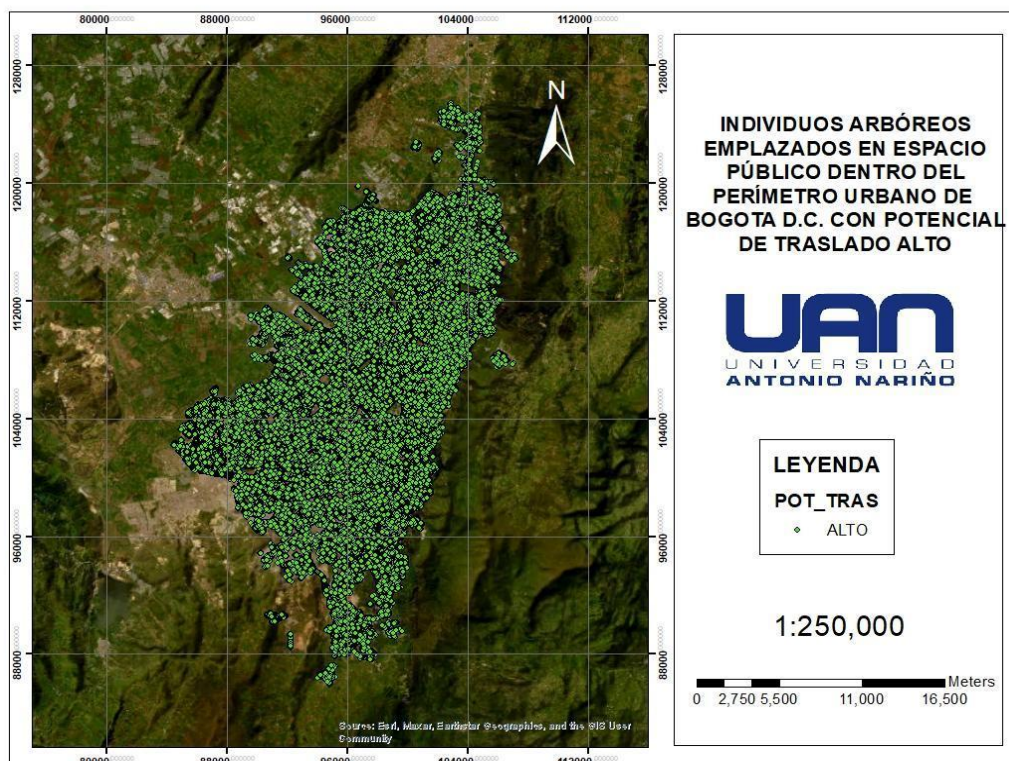
Figura 7. Individuos con potencial de traslado “Muy alto”



Fuente. Elaboración propia.

Ahora bien, para los 732.253 individuos arbóreos que presentan un potencial de traslado “Alto”, se pudo corroborar que, 401.940 (54.89 %) son especies nativas y 323.219 (44.14 %) son exóticas, 572.082 (78.12 %) son especies que no son susceptibles al volcamiento, el 48 % son especies aptas para el arbolado urbano de la ciudad y el 29 % son aptas acorde con criterios de emplazamiento, 606.501 (82.82 %) son individuos con alturas menores a 5 metros, 456.361 (62.32 %) ejemplares se encuentran emplazados en zonas con suficiente área verde y/o permeable que permite conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado, el 35.5 % son individuos resistentes al traslado y el 16.8 % moderadamente resistentes, y el 95.61 % son especies que no se encuentran en veda o no presentan medida de protección especial. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 8).

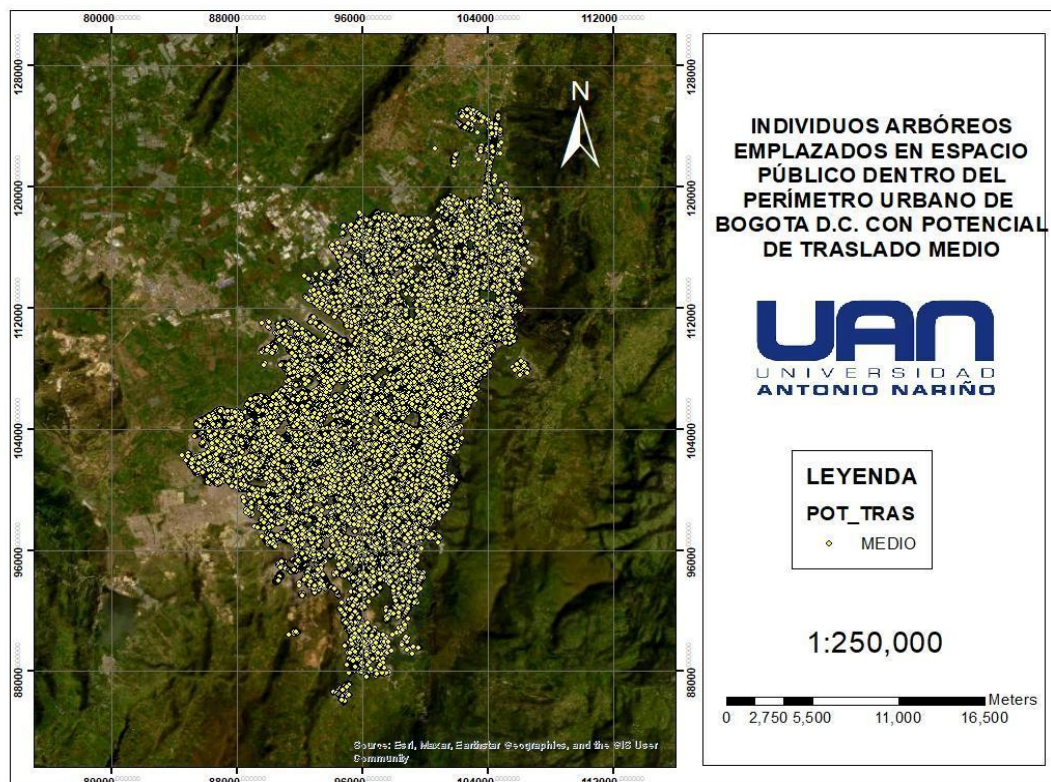
Figura 8. Individuos con potencial de traslado “Alto”



Fuente. Elaboración propia.

En relación a los 186.250 individuos arbóreos que presentan un potencial de traslado “Medio”, se pudo corroborar que, 38.031 (20.42 %) son especies nativas y 145.360 (78.04 %) son exóticas, 100.104 (53.75 %) son especies que no son susceptibles al volcamiento, el 53.2 % son especies aptas para el arbolado urbano de la ciudad y el 28.9 % son aptas acorde con criterios de emplazamiento, 138.458 (74.34 %) son individuos con alturas menores a 5 metros, 97.548 (52.37 %) individuos se hallan ubicados en zonas duras y 40.017 (21.48 %) ejemplares se encuentran emplazados en zonas con suficiente área verde y/o permeable que permite conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado, el 25.4 % son individuos resistentes al traslado y el 16.15 % moderadamente resistentes, y el 98.06 % son especies que no se encuentran en veda o no presentan medida de protección especial. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 9).

Figura 9. *Individuos con potencial de traslado “Medio”*

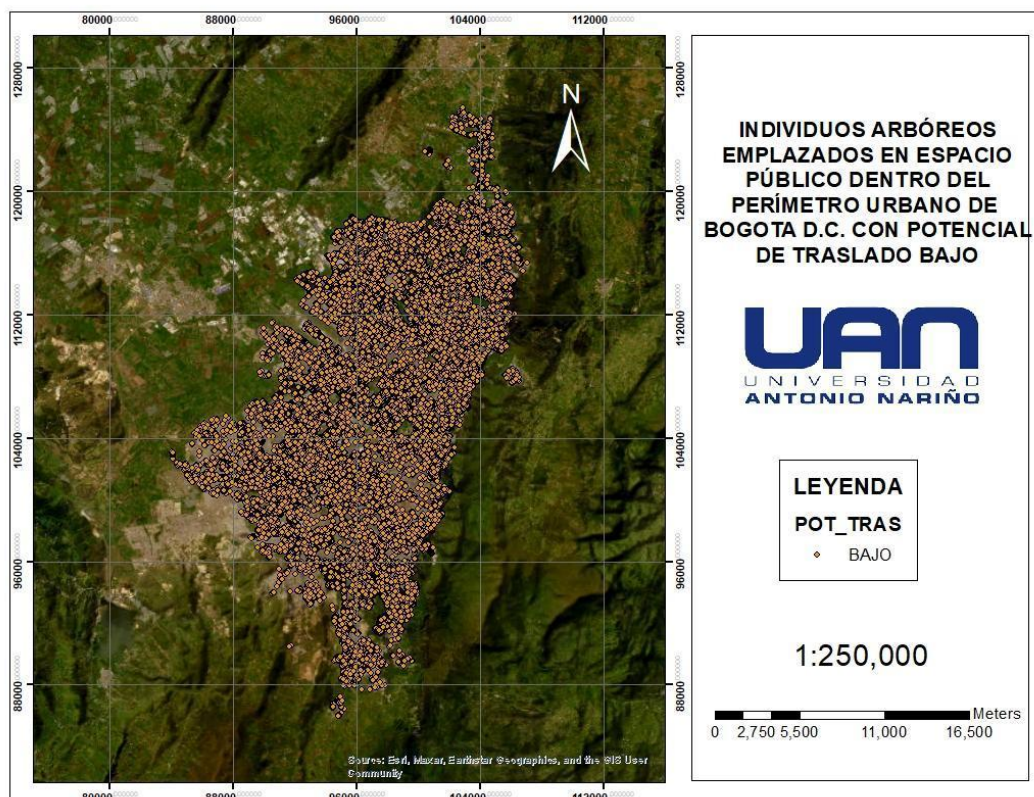


Fuente. Elaboración propia.

Respecto a los 205.080 individuos arbóreos que presentan un potencial de traslado “Bajo”, se pudo corroborar que, 205.000 (99.96 %) son especies exóticas, 203.917 (99.43 %) son especies susceptibles al volcamiento, el 81.1 % son especies no aptas para el arbolado urbano de la ciudad y el 8.98 % son aptas acorde con criterios de emplazamiento, 97.320 (47.45 %) son individuos con alturas menores a 5 metros y 53.972 (26.32 %) con alturas entre los 5.01 metros a 10 metros, 157.019 (76.57 %) ejemplares se encuentran emplazados en zonas con suficiente área verde y/o permeable que permite conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado, el 97.64 % no son individuos resistentes al traslado, y el 100 % son especies que no se encuentran en veda o no presentan

medida de protección especial. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 10).

Figura 10. Individuos con potencial de traslado “Bajo”

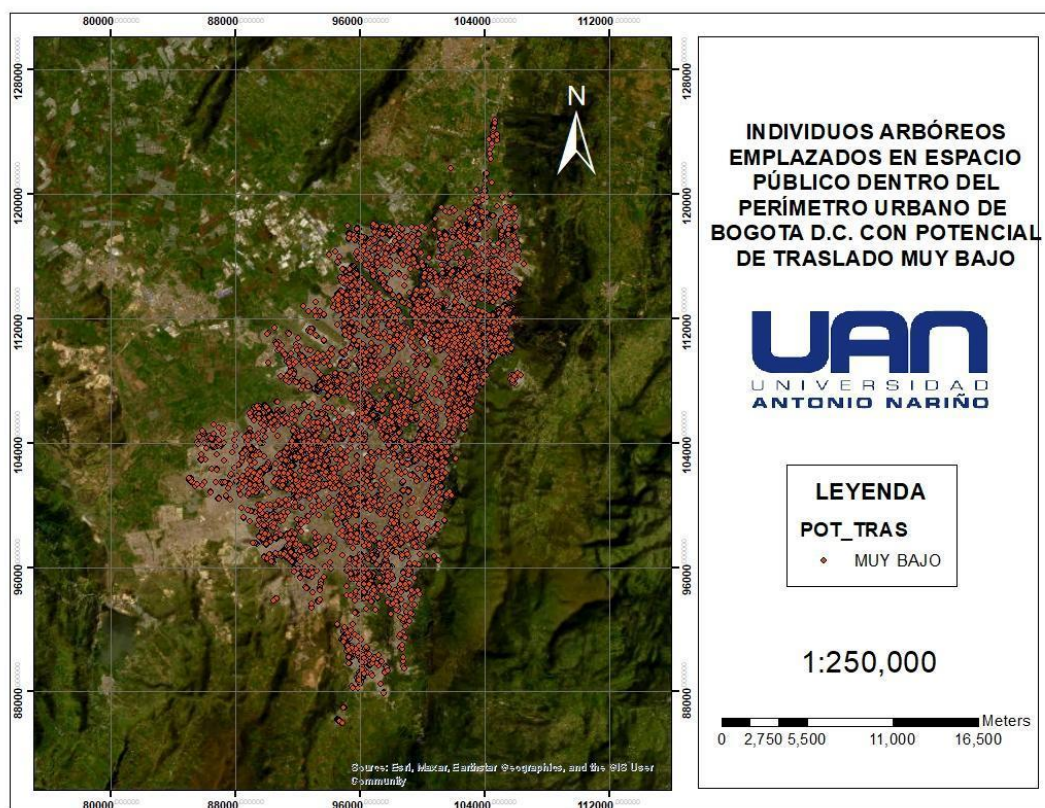


Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, para los 15.971 individuos arbóreos que presentan un potencial de traslado “Muy Bajo”, se pudo corroborar que, el 100 % son especies exóticas, el 100 % son especies susceptibles al volcamiento, 14.643 (91.69 %) son especies no aptas para el arbolado urbano de la ciudad y 1.149 (7.2%) son aptas acorde con criterios de emplazamiento, 5.166 (32.35 %) son individuos con alturas menores a 5 metros y 5.611 (35.13 %) con alturas entre los 5.01 metros a 10 metros, 8.882 (55.61 %) ejemplares se encuentran emplazados en zonas duras y solo 2.336 (14.62 %) ejemplares se hallan ubicados

en zonas con suficiente área verde y/o permeable que permite conformar el bloque de pan de tierra adecuado y realizar un bloqueo y/o traslado, el 99.97 % no son individuos resistentes al traslado, y el 100 % son especies que no se encuentran en veda o no presentan medida de protección especial. A continuación, se presenta su respectiva distribución espacial (Figura 11).

Figura 11. Individuos con potencial de traslado “Muy bajo”



Fuente. Elaboración propia.

4. Conclusiones

- ✓ La validación exitosa del modelo lógico que permitió calcular el potencial de traslado de todos los individuos arbóreos emplazados en espacio público dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., constató que, el 72.36 % (Potencial “Muy alto” y “Alto”) de los ejemplares son trasladables al presentar interferencia directa con el desarrollo de proyectos de obra e infraestructura, el 12.64 % (Potencial “Medio”) son objeto de verificación, y solo el 15 % (Potencial “Bajo” y “Muy bajo”) definitivamente no pueden ser objeto de esta actividad silvicultural.
- ✓ De acuerdo a lo anterior, se concluye que este modelo desarrollado es muy asertivo pues, luego de realizar el análisis de los resultados se corrobora que estos eran los esperados pues, los ejemplares arbóreos considerados trasladables, en su gran mayoría son especies nativas, que no son susceptibles al volcamiento, son individuos cuyas alturas totales son menores a 5 metros, son especies aptas para el arbolado de la ciudad, que se encuentran emplazados en zonas con áreas verdes y/o permeables que permiten conformar el bloque de pan de tierra adecuado y que resisten o sobreviven satisfactoriamente a la ejecución del bloqueo y/o traslado; caso contrario para los individuos arbóreos considerados no trasladables.
- ✓ Ahora bien, para los individuos con potencial de traslado “Medio” y/o objeto de verificación, se puede afirmar que, en su gran mayoría son especies exóticas, individuos cuyas alturas totales son menores a 5 metros, que un poco más de la mitad de ellos son especies que no son susceptibles al volcamiento y aptas para el arbolado urbano de la ciudad, pero sus limitantes son los sitios de emplazamiento en los que se

hallan ubicados y que no son especies que toleren la ejecución de la actividad silvicultural del bloqueo y traslado.

5. Recomendaciones

- ✓ Al analizar detenidamente los resultados obtenidos, se recomienda a todas las personas naturales y/o jurídicas que desarrollen proyectos de obra e infraestructura dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C., así como a la Secretaría Distrital de Ambiente como autoridad ambiental, implementar el modelo lógico establecido o en su defecto tener en cuenta los resultados plasmados en el archivo shapefile anexo, con el fin de reducir la cantidad de individuos arbóreos talados y aumentar la actividad silvicultural del bloqueo y/o traslado preservando así el recurso arbóreo en la ciudad.
- ✓ A pesar de que el modelo lógico y los resultados sean muy acertados, es necesario verificar el estado físico y/o sanitario actual de cada individuo arbóreo, pues, aunque sea considerado trasladable si se encuentra parcialmente seco y/o muerto en pie, esta estimación sería nula o imposible de realizar.
- ✓ Para la implementación y/o uso de los resultados del modelo, se deben revisar minuciosamente todos los individuos arbóreos relacionados, y determinar si se encuentran declarados como árboles patrimoniales y/o de interés público por la autoridad ambiental en la Resolución No. 6971 del 27/11//2011 y/o en la Resolución No. 00814 del 30/03/2020, pues en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C. – SIGAU no se encuentran discriminados, y estos cuentan con un mayor valor histórico, cultural, y las medidas de protección, conservación y manejo silvicultural son distintas a las contempladas para un árbol común.

- ✓ Del mismo modo, se deben revisar y excluir las especies Herbáceas, exóticas declaradas como invasoras mediante la Resolución 848 de 2008 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y las especies que no requieren de permiso y/o autorización para su intervención silvicultural por parte de la autoridad ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución Conjunta 001 de 2017 expedida por la Secretaría Distrital de Ambiente.
- ✓ Finalmente, se recomienda la verificación altimétrica en campo para todos los individuos arbóreos, pues hay registros que constatan que varios ejemplares de los relacionados no se actualizan hace años, y el crecimiento y/o incremento de su porte o altura pueden producir cambios en los resultados y en la aptitud de traslado.

6. Anexos

- ✓ Como anexo del proyecto de investigación desarrollado, se anexa la geodatabase que contiene el modelo lógico desarrollado y el archivo shapefile con los resultados obtenidos de la validación del mismo.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (n.d.-a). *Las 5 grandes obras de movilidad y sostenibilidad que empiezan en 2023*. | *Bogota.gov.co*. 2022. Retrieved September 15, 2022, from <https://bogota.gov.co/obras-regalos-cumpleanos-484/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (n.d.-b). *Ubicación de Bogotá: sitios turísticos, vías y alrededores de Bogotá*. Retrieved October 2, 2022, from <https://bogota.gov.co/ubicacion-de-bogota-sitios-turisticos-vias-y-alrededores-de-bogota#:~:text=Ubicada%20en%20el%20Centro%20del,74%C2%B004'51''>.
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. (2023, January 21). *¿Por qué se caen los árboles y cómo identificar uno que está en riesgo de caer?* <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/que-hacer-en-caso-de-ver-arboles-en-riesgo-de-caer-en-bogota-foto>
- Decreto 383, (2018) (testimony of Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=79838>
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Jardín Botánico de Bogotá José celestino Mutis, & Universidad de los Andes. (2020). *MANUAL DE COBERTURAS VEGETALES DE BOGOTÁ D.C.* (Primera edición). https://jbb.gov.co/documentos/cientifica/publicaciones/MANUAL_COBERTURAS_VEGETALES.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá, & Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2011). *Manual de Silvicultura Urbana para Bogotá*. https://www.jbb.gov.co/documentos/planeacion/2018/mayo/manual_silvicultura_distrito.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, & Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá* (Primera edición). <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/626774/Arbolado.pdf/c687bdec-d212-4001-9bea-3edf227557e4>
- Alcaldía Mayor de Bogotá, & Secretaría Distrital de Ambiente SDA. (2013). *GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN II EDICIÓN*. <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/310427/Gu%C3%ADa+de+manejo+ambiental+para+el+sector+de+la+construcci%C3%B3n+%28Segunda+edici%C3%B3n%29.pdf/564420d5-ce80-4c73-8f31-99ecb3bf1a25>
- Alcaldía Mayor De Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, & Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2019). *Plan Distrital de Silvicultura Urbana, Zonas Verdes y Jardinería para Bogotá (2019-2030)*.
- Ayuntamiento de Madrid, E. (n.d.). *PLAN DIRECTOR DEL ARBOLADO VIARIO DE LA CIUDAD DE MADRID*. Retrieved June 17, 2023, from <https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/ZonasVerdes/TodoSobre/PlanInfraestructuraVerdeYBiodiversidad/PlanesDirectores/Plan%20Director%20del%20Arbolado%20Viario.pdf>
- Beneficios del uso de la tecnología en el arbolado urbano - Blog Arbolado*. (n.d.). Retrieved June 17, 2023, from <https://www.arbolado.com.ar/blog/beneficios-del-uso-de-la-tecnologia-en-el-arbolado-urbano/>
- BOGOTÁ D.C. - SOMOS CUNDINAMARCA. (n.d.). Retrieved October 2, 2022, from <http://somoscundinamarca.weebly.com/bogotaacute-dc.html>

- Cámara de Comercio de Bogotá Dirección de Gestión del Conocimiento. (2019). *Localización geográfica de la región Bogotá y Cundinamarca*.
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/23151>
- Corzo, G. T. (2007). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Territorios*, 16(17).
- Diario La República. (2022, Winter 3). *Licenciamiento para construcción tuvo un aumento de 28% en enero de este año*. <https://www.larepublica.co/economia/licenciamiento-para-construccion-tuvo-un-aumento-de-28-en-enero-de-este-ano-3323741>
- el NUEVO SIGLO. (2021, October 2). *Levantaron medida cautelar a obras de Transmilenio por Av. 68 | El Nuevo Siglo*. <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/10-02-2021-levantaron-medida-cautelar-obras-de-transmilenio-por-av-68>
- Esri. (n.d.). *¿Qué es ModelBuilder?—ArcGIS Pro | Documentación*. Retrieved September 17, 2022, from <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm>
- ESRI. (n.d.). *Usar Seleccionar por atributos—Ayuda | ArcGIS for Desktop*. Retrieved January 2, 2023, from <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/working-with-layers/using-select-by-attributes.htm>
- Fernández, M. P., & Vargas, A. (2011). La ciudad y los árboles Conflicto entre arbolado e infraestructura. *Agronomía y Forestal UC 43*.
https://www.academia.edu/39670031/La_ciudad_y_los_%C3%A1rboles
- Franco, R. (2016). *GEOPORTALES Y VISORES GEOGRÁFICOS EN COLOMBIA*.
https://mixdyr.files.wordpress.com/2016/03/rodolfo-franco-geoportales-y-visores-geograficos-en-colombia_v1-61.pdf
- GIS & BEERS. (n.d.). *ModelBuilder: automatización de geoprocesos - Gis&Beers*. Retrieved September 17, 2022, from <http://www.gisandbeers.com/modelbuilder-modelos-para-automatizar-tareas-en-arcgis/>
- Montoya P, J. D. (2018). *Desarrollo tecnológico | Actividades Economicas*.
<https://www.actividadeseconomicas.org/2013/07/desarrollo-tecnologico.html>
- Observatorio Ambiental de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente. (2021, September 15). *“Bogotá reverdece con el 5x1” Esta será la fórmula de compensación para el tratamiento del arbolado urbano en las obras que se realicen en la ciudad* » .
<https://oab.ambientebogota.gov.co/bogota-reverdece-con-el-5x1-esta-sera-la-formula-de-compensacion-para-el-tratamiento-del-arbolado-urbano-en-las-obras-que-se-realicen-en-la-ciudad/>
- Observatorio Ambiental de Bogotá, & Secretaría Distrital de Ambiente. (2019, April 11). *Acacias y eucaliptos, entre las especies de árboles que más se caen en Bogotá*.
- Secretaría de Cultura, R. y D. (n.d.). *Bogotá y sus localidades*. Retrieved October 2, 2022, from <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/bogodatos/bogota-y-sus-localidades>
- Resolución Conjunta 001 de 2017* , (2017) (testimony of Secretaría Distrital de Ambiente).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=74624&dt=S>
- Resolución 3158 de 2021* , (2021) (testimony of Secretaría Distrital de Ambiente).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=117438&dt=S>
- Secretaría Distrital de Planeación. (2021, December 29). *Decreto POT Bogotá 2021* .
<https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/decreto-pot-bogota-2021>
- Universidad Nacional de Colombia, & Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *GUÍA PARA EL MANEJO DEL ARBOLADO URBANO EN EL VALLE DE ABURRÁ*.

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Zonas%20verdes/Guia%20para%20el%20manejo%20del%20arbolado%20urbano%20en%20el%20Valle%20de%20Aburr%C3%A1%20Nuevo.pdf>