

**DIAGNÓSTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL CATASTRO ARBÓREO DEL
BARRIO KENNEDY EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA.**

Alexander Chacon Paramo.
Mayo 2020.

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Ingeniería Ambiental
Girardot
2020

**DIAGNÓSTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL CATASTRO ARBÓREO DEL
BARRIO KENNEDY EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA.**

Alexander Chacon Paramo.

Trabajo de Grado Modalidad Monografía, Presentado como Requisito para Optar
el Título de Ingeniero Ambiental

Asesor Interno
Arley Torres

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Ingeniería Ambiental
Girardot
2020

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y permitirme elegir una profesión acorde a mis intereses, a mi mamá por su apoyo moral y económico, a mis familiares, amigos y profesores por apoyarme y guiarme durante mi formación profesional y el desarrollo de este trabajo.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCION	1
2.	JUSTIFICACION	2
3.	OBJETIVOS	3
	3.1 Objetivo General	3
	3.2 Objetivos Específicos.....	3
4.	ESTADO DEL ARTE.....	4
	4.1 Antecedentes	4
	4.2 Contexto Internacional.....	6
	4.3 Contexto Nacional	8
5.	DISEÑO METODOLOGICO.....	14
	5.1 Zona de Estudio	14
	5.1.1 Limites	14
	5.1.2 Climatología y temperatura.....	15
	5.1.3 Altura	15
	5.1.4 Pluviosidad.....	16
	5.1.5 Hidrología	16
	5.2 Arbolado urbano	16
	5.3 Censo Forestal Urbano.....	18
	5.3.1 Inventarios y SIG	20
	5.3.2 Parámetros de entrada (Modelamiento)	21
	5.3.2.1 Árbol (Estado Físico).....	22
	5.3.2.2 Datos Generales del Árbol	22
	5.3.2.3 Numeración del Arbolado (ID).....	23
	5.3.2.4 Dirección.....	23
	5.3.2.5 Especie	24
	5.3.2.6 Fotografía.....	24
	5.3.2.6.1 Consideraciones para las fotografías:	24
	5.4 Georreferenciación.....	25
	5.5 Interfase Grafica.....	26

6.	RESULTADOS.....	28
6.1	Flujo de Información.....	29
6.1.1	Requerimientos de información.....	30
6.1.2	Reglas que rigen los procesos.....	31
6.2	Metodología en Campo.....	32
6.2.1	Instrumentos de Medición.....	33
6.2.1.1	Nivel Abney.....	33
6.2.1.2	Cinta Métrica.....	34
6.2.2	Medición de variables dasométricas.....	35
6.2.2.1	Caducidad del Fuste.....	35
6.2.2.2	Diámetro de la Altura del Pecho (DAP).....	36
6.2.2.2.1	Precauciones en la medición del dap.....	38
6.2.2.3	Altura Total (Ht).....	38
6.2.2.3.1	Precauciones en la medición de alturas.....	40
7.	CONCLUSIONES.....	42
8.	RECOMENDACIONES.....	43
9.	LISTA DE REFERENCIAS.....	45
10.	ANEXOS.....	53
10.1	Formato Campo.....	53
10.2	Área de Estudio.....	54
10.3	Plan de Manejo Arborización Urbana.....	55
10.3.1	Programa de arborización y paisajismo.....	56
10.3.1.1	Programa de manejo y control de plagas y enfermedades.....	57
10.3.1.2	Programa de Podas o desrame.....	57
10.3.1.3	Programa de protección integral del arbolado urbano.....	58
10.3.1.4	Programa de silvicultura urbana.....	58

Lista de tablas

Tabla 1. Censo de arbolado viario georreferenciados	6
Tabla 2. Especies Arbóreas existentes en el parque Jorge Arróspide	27
Tabla 3 . Caducidad del fuste (Jardín Botánico José Celestino Mutis; 1998)	35

Lista de Figuras

Figura 1. Localización Municipio Girardot Cundinamarca	14
Figura 2. Factores que alteran el posicionamiento GPS.....	26
Figura 3. Croquis de la Ubicación de las especies arbóreas del Parque Arróspide	27
Figura 4. Diagrama de la metodología propuesta para el proyecto.....	29
Figura 5. Nivel Abney	34
Figura 6. Cinta Métrica	34
Figura 7. Caducidad del Fuste	36
Figura 8. Medición del DAP	37
Figura 9. Clinómetro y vistas al árbol para determinar la altura	39
Figura 10. Medición Altura Total	39
Figura 11. Medición de la altura de un árbol inclinado	41
Figura 12. Municipio de Girardot (Barrio Kennedy)	54
Figura 13. Sobreposición Barrio Kennedy en Imagen Satelital	54

Glosario

Árbol Urbano Público: Para efectos de la toma del registro se considerarán dentro de la definición de Árbol Urbano Público (AUP) todos aquellos árboles, arbustos y palmas en cualquier estadio de crecimiento, ubicados sobre terrenos públicos, con fines de protección de la red hídrica, lúdica, de circulación urbana, ambiental, así como en áreas degradadas, áreas de disposición de desechos y franjas de servidumbre. Se excluyen los árboles ubicados en el área privada, los tocones ubicados en el área pública urbana y la vegetación de jardinería ubicada en el área pública.

Espacios Públicos que considera este censo Este censo tendrá en cuenta lo estipulado por el POT, para espacios públicos y además incluirá los árboles ubicados en áreas del Sistema Hídrico, Áreas Degradadas, Áreas de Disposición, Franjas de Servidumbre y Franjas de Control Ambiental; teniendo en cuenta que el arbolado de estas zonas contribuye enormemente a regular las condiciones ambientales de la ciudad y por lo tanto deben ser tenidas en cuenta en los proyectos próximos. Cabe anotar que todas estas zonas están ubicadas dentro del Perímetro Urbano.

El censista es la persona sobre la cual recae toda la responsabilidad de la investigación estadística y quien deberá registrar en un formato prediseñado para tal fin, las mediciones u observaciones de cada árbol en su área de trabajo.

Herviboria: 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 órdenes Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, y Orthoptera.

Antracnosis: Enfermedad causada por un hongo que ataca los tallos y las hojas, es más apreciable en éstas, donde forma unas manchas oscuras hundidas.

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: o muerte de los tejidos: 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.

Clorosis: Alteración del tono verde de las hojas, amarillamientos, áreas rojizas o bronceadas. Puede ocurrir en puntos o en líneas bien definidas, en áreas irregulares o en órganos enteros de la planta. Este síntoma se debe a la destrucción de la clorofila o a la inhibición de la formación de la misma.

Marchitamiento: Es la Pérdida de turgencia de los tejidos. Los tipos más conocidos de marchitez 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.

Cáncer: Áreas necróticas hundidas en tallos o ramas, comúnmente denominados chancros

Pudrición Los tejidos se ablandan y a veces toman una consistencia acuosa, generalmente acompañada de necrosis.

Mildeos: Los signos iniciales del ataque de este hongo se presentan en el haz o el envés de las hojas bajo sombra. La infección aparece primero como unos puntos de color amarillo pálido; después de esto el hongo esporula rápidamente, presentando un mildero algodonoso blanco. El mildero puede atacar la hoja entera la cual se torna de color amarillo a café, secándose progresivamente hacia la punta.

Carbones: Aparición de puntos de color negro sobre la lámina foliar causada por el ataque de hongos. Comúnmente llamada podredumbre negra.

Royas: Ocurre cuando sobre las hojas y tallos se forman manchas alargadas o redondeadas y esparcidas, que originan un polvillo de color rojo-pardo y/o amarillento, este daño es causado por hongos.

Puntos de Succión: Daño causado por insectos y ácaros del tipo picador, chupador, ocasionando decoloraciones en las hojas, a consecuencia de la agrupación de punturas generadas al succionar

la savia. También pueden atacar tallos y ramas no lignificadas. Los insectos asociados a este tipo de daño en el área urbana pertenecen a los órdenes Homoptera y Hemíptera

Deterioro Estructural de la base: Aplicable a aquellos árboles que en su base presenten daños que pongan en peligro la función de soporte que cumple al tronco, dentro de la planta, pudiendo originar volcamientos.

Afectación por guadañadora: Se registrará al encontrar árboles que presenten cortes realizados con guadañadora. Este daño es muy común ya que se encuentra asociado al mantenimiento de las zonas verdes.

Cavidades o Huecos: Este daño se refiere a aquellos árboles a los que se les han abierto huecos, que sirven como resguardo de objetos de vendedores ambulantes e indigentes. Este daño es muy factible de encontrar en árboles ubicados en los separadores viales, cerca de los semáforos, en donde abundan las ventas informales.

Anillamientos: Corresponden a ahorcamientos causados con alambres metálicos en el tronco de los árboles, con el fin de ocasionar su muerte para eliminar la presencia del árbol. Es común en zonas comerciales, en las que las ramificaciones del árbol limitan la visibilidad de los letreros.

Otros: Se refiere a las demás categorías de daño que pueda encontrar el censista en el momento de la visita, como machetazos, letreros realizados sobre la corteza del árbol y demás.

Chancros: Áreas necróticas hundidas comúnmente denominados cáncer

Pudriciones: Ocurre cuando Los tejidos se ablandan y toman una consistencia acuosa, generalmente acompañada de necrosis.

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 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: 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 infectantes, 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.

Insectos Barrenadores: Penetración de la corteza externa y hacia el duramen del árbol, por insectos de los órdenes Coleoptera e Isoptera

Pudrición de las raíces: Ocurre cuando las zonas expuestas de las raíces presentan ablandamiento de los tejidos.

Evidencia de podas: Posible de encontrar en aquellos árboles de porte alto que en algún momento han sido sometidos a poda de raíz a causa de la remodelación de edificios, andenes y

calles. En muchos casos estas raíces se encuentran a la vista, pero es un caso muy común de encontrar en áreas sembradas

Presencia de Ondulaciones: Aplicable a aquellos casos en los que el andén y/o la carretera presenta montículos causados por el crecimiento de las raíces, en la zona adyacente al tronco. Posible de encontrar en árboles de porte alto ubicados sobre separadores muy angostos, y en general sobre zonas inadecuadas

Grietas en el terreno: Corresponde a aquellos casos en los que la interferencia de las raíces con el andén y/o la carretera es tan alta que en el pavimento se presentan quebramientos y rajaduras

Altura del fuste: también llamada altura comercial, es la altura tomada desde la base del árbol hasta la base de la copa; generalmente se distingue la base de la copa con las primeras ramas.

Altura total: es la altura medida desde la base del árbol a la punta de la copa (ápice de la copa).

Ángulo de inclinación del fuste: ángulo que se forma entre un plano vertical o perpendicular al terreno y la línea de dirección en la cual crece el árbol.

Árbol: planta leñosa de fuste o tronco bien definido, de por lo menos 5 m de altura del fuste.

Arbusto: planta leñosa que se ramifica desde la base o nivel del suelo.

Bifurcación: se observa cuando un árbol, arbusto o palma presenta un doble fuste o tronco antes de los 1.3 m de altura desde la base. Se tipifica con forma de Y mayúscula (Y).

Daño Mecánico: se reconocen como golpes, roturas, agrietamientos, oquedades, estrangulamientos, cortes o inserciones que son causados directa o indirectamente por el hombre.

Dasometría: diferentes métodos de medición que determinan las características físicas del árbol en cuanto a dimensionamiento (altura total, altura del fuste, diámetro de copa, perímetro a la altura del pecho, perímetro de la base del fuste).

Densidad de follaje: Porcentaje que califica la cantidad de follaje que posee la copa de un árbol. Tomando hasta el 25% como poco follaje y entre 76 – 100% como abundante follaje.

Diámetro ecuatorial mayor de la copa: medida de la mayor proyección ortogonal de la copa sobre un supuesto plano horizontal.

Emplazamiento: nombre otorgado al sitio de siembra donde se ubica el árbol urbano, está dividido en siete (7) sistemas, así: sistema hídrico, lúdico, de protección, de circulación urbana, de áreas degradadas, de áreas de disposición y de franjas de servidumbre) que a su vez se subdividen en tipos especiales de emplazamiento, así: Rondas de ríos, parques de barrio, ciclorutas, areneras, áreas de disposición de basuras, entre otras.

Entorno: hace referencia al medio circundante inmediato que posee el árbol; que, aunque es siempre el mismo, no es estático, ya que puede variar por causas antrópicas o naturales, como por deslizamientos, quemas, disposición de escombros o basuras, entre otras.

Georreferenciación: Adjudicación de coordenadas planas a un punto cualquiera, en este caso a cada árbol urbano; se dan en metro.

Palma: planta con un tronco único y sin ramificaciones que remata con un copete de hojas en forma de abanico.

Perímetro a la altura del pecho: longitud del contorno del fuste o tronco tomado a los 1.30 m de altura desde la base.

Perímetro basal: Longitud del contorno del tronco tomado a los 0.30 m de altura desde la base.

Transparencia del follaje: porcentaje de luz que deja pasar la copa del árbol, tomando hasta el 25% como poca transparencia y entre 76 – 100% como la máxima transparencia.

Poda técnica: 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.

Podas antitécnicas: cuando se presentan los casos establecidos en el ítem podas técnicas.

1. INTRODUCCION

El Catastro Arbóreo, constituye una actividad que tiene por objeto el levantamiento de un conjunto de datos básicos asociados a las características morfológicas, silviculturales, fitosanitarias, de ubicación georreferenciada y entorno de la población de árboles. Estos datos se compilan con el fin de obtener un conjunto de estadísticas básicas y oficiales sobre el volumen, estructura, distribución, estado y ubicación de esta población (Mutis, J. B. J. C., 2006).

En la ciudad de Girardot, a través del Catastro Arbóreo, se busca conocer la diversidad de especies con las que se cuenta, identificando su estado actual a través de un diagnóstico integral que finalmente oriente la toma de decisiones silviculturales para la planificación de acciones de manejo y ordenación de los árboles urbanos. De igual forma, se considera una herramienta base, que en el mediano y largo plazo permitirá el fortalecimiento de la Estructura Ecológica Principal propuesta para el municipio.

Con la presente investigación, se propondrán actividades que mejoren el aspecto estético y sanitario del arbolado urbano, proponiendo tratamientos silviculturales y pautas de manejo, de igual manera la formulación de lineamientos que permitan a la Administración la elaboración y expedición de estatutos de arborización del municipio.

2. JUSTIFICACION

Es indiscutible la importancia ambiental y social de los árboles urbanos, ornamentales y de sombra. Los árboles, principalmente los maduros, son los representantes más genuinos y conspicuos dentro de las áreas verdes; por su longevidad, resistencia, capacidad fotosintética y de purificación del aire, por su arquitectura, belleza y variedad florística, constituyen el recurso verde más valioso en las ciudades. Esto ha llevado a la necesidad de crear más espacios verdes, con grandes inversiones para mejorar el ambiente y proporcionar áreas para la recreación.

Desde un punto de vista técnico, los inventarios permiten disponer de la información que facilite el análisis acerca de la cuantía, distribución y condición de los árboles. Desde un punto de vista administrativo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son las herramientas modernas que manejan las relaciones entre las diferentes entidades para una adecuada administración de los árboles en un centro de población. Un SIG gestiona las bases de datos resultantes de los inventarios a través de la captura de información, almacenamiento, manipulación, análisis y despliegue de la misma.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar un diagnóstico para la elaboración del catastro arbóreo del Barrio Kennedy en el municipio de Girardot Cundinamarca.

3.2 Objetivos Específicos

1. Hacer una revisión bibliográfica acerca de que parámetros se deben tener en cuenta para la elaboración de un catastro arbóreo.
2. Clasificar de acuerdo a su relevancia y conforme a la bibliografía consultada el tipo de parámetros a tener en cuenta para la elaboración del catastro arbóreo del Barrio Kennedy
3. Determinar que parámetros de entrada se pueden utilizar para la construcción de una base de datos a tener en cuenta en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 Antecedentes

La evolución del hombre se ha dado de manera paralela con la intervención de la naturaleza, desde tiempos antiguos el hombre ha convivido en un entorno natural, el cual siempre le ha suministrado todos los recursos necesarios para su subsistencia. Con el paso del tiempo, el hombre vio la necesidad de beneficiarse de la naturaleza para crear y obtener mayor comodidad, y además protegerse de la inclemencia del tiempo. Empieza entonces una búsqueda en la manera en que puede autosostenerse, produciendo así su alimento propio con el cuidado y siembra de las semillas en el suelo dando lugar al cultivo de la tierra. Al contrario de lo que sucede en la actualidad, el hombre antiguo mantenía un profundo respeto por la naturaleza que lo rodeaba, ya que ésta era quien le proporcionaba todo para vivir. Sin embargo, la tendencia de conservar una relación positiva con la naturaleza se ha mantenido, es así como, desde hace aproximadamente 2000 años el arquitecto romano Marcus Vitruvius Pollio concentro sus metas en la búsqueda de un diseño que permitiera suplir las necesidades del hombre, manteniendo una relación permanente con la naturaleza (Ruano, 1999; c.p Rendón, 2010).

En la década de 1840 se construyeron, de forma casi paralela, el Birkenhead Park en Liverpool y el Victoria Park en Londres. A inicios del siglo XIX, Londres disponía de un conjunto de parques como Green Park, Saint James Park, Kensington Park o Hyde Park, ubicados en la zona de West End. Dichas tendencias de las que se han tratado a lo

largo de los años, hacen que el medio ambiente se observe como un componente substancial capaz de ser encaminado a manera de beneficiar al habitante urbano, complacido de su entorno que se siente parte de él, pero sobre todo tratando de hacer lo posible por conservar su permanencia. Por ello, es que como resultado de todos estos nuevos elementos fundamentales a considerar nace el primer congreso de higiene y problemas de urbanismo, llevado a cabo en París, con el fin, que las ciudades de Londres y París, dedicaran el 10% de superficies urbanas a parques y jardines (Espacios verdes públicos). Así pues, los causales de planificar espacios verdes se inclinaron por argumentos higiénicos” (Rendón, 2010).

Las circunstancias de insalubridad preponderantes se produjeron debido a la inexistencia de redes de alcantarillado y la contaminación ocasionada por la revolución industrial. Asociado a esta necesidad, surge la utilidad de lugares de ocio. Así pues, los espacios verdes, obtienen la función de higienizar las ciudades y de recrear al habitante urbano consolidando el factor ambiental y público. Lo cual asienta un precedente para establecer un porcentaje de espacios verdes públicos en la ciudad, a partir de dicho congreso se llega a un acuerdo estableciendo que se corresponderá dotar de 15% de espacios verdes urbanos y cinturones de reserva forestal de 10 km. de extensión (Varios 2006)” (Rendón, 2010).

4.2 Contexto Internacional

Según Tovar, 2013, varios países han adelantado esfuerzos en cuanto a planificación y gestión de la silvicultura urbana, con el fin de integrar y armonizar componentes del entorno que reflejen un equilibrio entre la naturaleza y el medio urbano. España es uno de los países más avanzados en cuanto a normatividad en silvicultura urbana, lo cual, le permite hacer uso de herramientas técnicas que mejoran la planificación y gestión en este campo. Al igual que España, ciudades como Buenos Aires y Mendoza en Argentina, también cuentan con un marco normativo completo para el manejo del arbolado urbano, incluso, ya cuentan con censo de árboles debidamente georreferenciados. En la Tabla 1 se puede apreciar el número de árboles viarios, la población del casco urbano y el número de habitantes por árbol, este último indicador muestra una relación adecuada y será útil en un futuro para realizar paralelos entre ciudades.

Tabla 1. Censo de arbolado viario georreferenciados

Ciudad	País	No. Árboles viarios	Población del casco urbano*	No. Habitantes por árbol	Área del casco urbano en Km2
Nueva York	Estados Unidos	592130	8175133	13,8	830
Bogotá	Colombia	392779	7363782	18,74	384,3
Buenos Aires	Argentina	372625	2891082	7,76	200
Madrid	España	264811	2938723	11,1	361
Barcelona	España	153343	1582738	10,32	100,4
Cuiritiba	Brasil	148611	1851215	12,45	432,17
Mendoza	Argentina	49297	131927	2,67	57,57
Valencia	España	38000	797291	20,98	54,03
Vigo	España	9300	293725	31,58	16,24

*Censo año 2010

Fuente: Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. Germán Tovar Corzo, 2013

Brasil cuenta con una completa formación técnica de profesionales del sector forestal, razón por la cual la Sociedad Brasileira de Arborización Urbana, ha realizado múltiples congresos con el fin de generar conocimiento científico y técnico. En cuanto al marco normativo, este país cuenta con la Ley 6938 de 08/31/81 que crea el Sistema Nacional Ambiental Sisnama, sin embargo, cada estado tiene su sistema jurídico. Otro de los países latinoamericanos que cuenta con inventarios de la composición arbórea de las ciudades, es Santiago de Chile, sin embargo, por la densidad de estos bosques el censo se basa en imágenes aéreas al igual que en Brasil. De acuerdo con encuestas realizadas en el año 2002 en el área metropolitana, el 56% cuenta con inventario del arbolado viario, siendo mayor en estratos altos, que en el medio y bajo.

En Ciudad de México, debido a su gran extensión, el manejo de la silvicultura urbana se ha dividido en 16 unidades políticas, las cuales, disponen de una oficina, equipos y personal exclusivamente para la reforestación urbana, cuyas labores están relacionadas con el mantenimiento del arbolado y establecimiento de zonas verdes nuevas (Caballero, 1993; c.p Tovar, 2013).

En el estado de Yucatán, México, se realizó una investigación para estimar la cobertura del arbolado urbano, establecer las relaciones que pueden presentarse entre la distribución de la cobertura y los atributos de tipo socioeconómico y cultural de la población y de la estructura urbana de la ciudad (López, 2008).

Rodríguez y Pastrana, 2015, realizaron un diagnóstico del arbolado viario de El Vedado barrio de la ciudad de La Habana-Cuba, estudiaron su composición, distribución

y conflictos con el espacio construido. En este barrio la presencia del arbolado en sus vías ha constituido una característica distintiva y precursora. No obstante, el déficit cuantitativo y cualitativo de especies vegetales que presenta actualmente la zona, afecta de manera sensible el confort y la imagen urbana de sus calles, además de que restringe los beneficios de los árboles y aumenta su vulnerabilidad. En este trabajo se presenta la situación del arbolado viario de El Vedado, a partir del levantamiento detallado de las especies y de los espacios del que forman parte. Los datos de cantidades totales de especies y su localización espacial, la estimación de un estado fitosanitario y el diagnóstico de los conflictos de cada ejemplar con el medio construido constituyen algunos de los resultados obtenidos. Tales resultados pueden ser útiles en la identificación de las variables para la elección de especies arbóreas apropiadas para el diseño de áreas verdes urbanas cubanas.

4.3 Contexto Nacional

En Colombia la estructura urbana está dividida en ciudades de acuerdo con el número de habitantes que posea, de esta manera cuatro ciudades, cuya población es superior al millón de habitantes reúne el 38,4% de la población, seguidamente, el 29,8% de la población urbana se encuentra en 37 ciudades que cuentan con una población entre cien mil y un millón de habitantes, las cuales son llamadas ciudades intermedias. El 31,7% restante de la población se concentra en 1.061 cabeceras municipales que albergan menos de cien mil habitantes. De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo Forestal, el

Acuerdo 19 de 1996 y el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los grandes centros urbanos son: Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla. La información poblacional de las áreas urbanas de cada municipio tuvo como fuente el censo del Departamento Nacional de Estadística DANE, 2005, pero con proyección al año 2010, con el fin de catalogar los municipios tanto del total nacional como los reportados por cada corporación de acuerdo con la clasificación del Plan Nacional de Desarrollo (Tovar, 2013).

2.145,19 km² de área urbana se encuentran por debajo de 1.000 msnm, y la mayoría pertenece al Bosque Tropical B-T según Cuatrecasas; 298 cabeceras municipales que en conjunto alcanzan 770,31 km² de área urbana están entre 1.000 y 1.800 msnm, y la mayoría pertenece a la zona templada o Bosque Subandino; 254 cabeceras municipales con 891,3 km² de área urbana, están ubicadas entre los 1.800 y los 2.700 msnm, por lo cual se considera que se encuentran en zonas de vida de Bosque Andino, 47 cabeceras municipales localizadas sobre 72,95 km² de área urbana se ubican entre los 2.700 y 3.200 msnm, en ecosistemas de subpáramo y dos cabeceras municipales se localizan por encima de los 3.200 en ecosistema de páramo, con un total de 1,81 km² de área urbana. Sí se tiene como punto de análisis a la población, se aprecia que los habitantes urbanos de Colombia se distribuyen de la siguiente forma: 16'259.619 en clima cálido (47,33%); 7'158.421 en clima templado (20,84%) y 10'932.942 en clima frío (31,82%) (Tovar, 2013).

Colombia ha sido afectada por el proceso de urbanización al igual que muchos países latinoamericanos. El 75% de la población residen en núcleos urbanos, entre tanto

el 25% restante, reside en áreas geográficas correspondientes a corregimientos, centros poblados y áreas dispersas ubicadas por fuera del límite de la cabecera (Sardi, 2005).

En cada uno de los entes territoriales el crecimiento demográfico se da de forma diversa, a causa de una serie de factores que son generados por desplazamientos de unas regiones a otras. En consecuencia, el rápido crecimiento demográfico en los núcleos urbanos está determinado por una serie de elementos, tales como, oportunidades laborales, mejor educación, desplazamiento forzado, entre otros, reduciendo así la población en los sitios de origen, ocasionando un efecto en la dinámica poblacional de una región determinada y por consiguiente de un país (Sardi, 2005).

Según Tovar, 2013 hasta hace poco, en Colombia, el árbol era un elemento secundario y muchas veces inexistente en los procesos de urbanismo y planificación de las ciudades y municipios. No obstante, el país cuenta con algunos estudios detallados, como el realizado por Enrique Pérez Arbeláez, *Arborizaciones urbanas con especial atención a Bogotá*, editado por el Banco de la República en 1978, que analiza los problemas que presentan las arborizaciones urbanas y propone algunas especies para Bogotá.

Posteriores publicaciones han contribuido con el conocimiento del arbolado urbano de la capital colombiana como: *la Guía de árboles de Bogotá* (Molina, 1995; c.p Tovar, 2013); *Especies ornamentales usadas en áreas urbanas* (Delgado, 1995; c.p Tovar, 2013); *Manual de silvicultura urbana para Bogotá* (Jardín Botánico y Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, 2009; c.p Tovar, 2013); *Árboles ciudadanos en la memoria y el*

paisaje cultural de Bogotá (Ferro, 2010; c.p Tovar, 2013); y Árboles de Bogotá, identificación, descripción y bases para su manejo (Mahecha et al., 2011, c.p Tovar, 2013). En 1979, la arquitecta paisajista Lyda Caldas de Borrero, publicó La flora ornamental tropical y el espacio urbano (Caldas, 1979; c.p Tovar, 2013) el cual aborda aspectos ornamentales, paisajísticos y técnicos de la arborización urbana para la ciudad de Cali y determina algunas especies de árboles, palmas y gramíneas aptas para esta función.

Otros esfuerzos puntuales en la generación del conocimiento de las coberturas arbóreas urbanas pueden consultarse en el Catálogo ilustrado de la flora del distrito de Santa Marta (Carbono, 2003; c.p Tovar, 2013); Árboles y arbustos de la ciudad de Leticia (Cárdenas et al, 2005; c.p Tovar, 2013); Flora arbórea de la ciudad de Ibagué (Esquivel, 2009; c.p Tovar, 2013); Árboles para Bucaramanga. Especies que fortalecen la estructura ecológica principal (CDBM et al., 2009; c.p Tovar, 2013), y el Manual de Silvicultura de la ciudad de Pereira (Alcaldía de Pereira, Secretaría de Planeación, 2010; c.p Tovar, 2013).

Así mismo, es necesario resaltar que la realización del Encuentro Nacional Colombiano de Silvicultura Urbana ha sido un esfuerzo continuado que ha tenido como sedes a Bogotá, Medellín y Cali. En cuanto a la identidad paisajística de las ciudades colombianas, la mayoría de sus calles tienen plantadas especies introducidas principalmente de los trópicos africano y asiático (Molina, 2007; c.p Tovar, 2013). En un artículo realizado por Molina, 2007; c.p Tovar, 2013, se compara la arborización urbana

en seis ciudades colombianas y afirma que los programas de arborización urbana en Colombia, han seguido un modelo o al menos una metodología: la de plantar de manera extensiva un grupo bien definido de especies ornamentales introducidas.

En los últimos 20 años, Colombia ha concentrado sus esfuerzos en el desarrollo y mejoramiento institucional, normativo y de participación comunitaria de la silvicultura urbana en sus principales ciudades Bogotá, Medellín y Cali, logrando avances significativos tales como decretos, normas y manuales técnicos. Pereira, Cali y Medellín, por su parte, ya cuentan con un manual de silvicultura, censos parciales georreferenciados y normativas precisas que garantizan el manejo del arbolado en el tiempo. Cartagena de Indias comienza próximamente la elaboración de su censo de arbolado urbano georreferenciado, Pasto y Cúcuta ejecutan proyectos de impacto urbano en el tema.

En Bogotá, Colombia, el manejo del arbolado urbano ha adquirido importancia debido a la renovación urbanística de la ciudad, pero principalmente por los riesgos potenciales a los que se exponen los habitantes, a causa del mal estado físico y fitosanitario de gran parte de los individuos plantados en vías y parques, causando caída de ramas y volcamiento de árboles.

Tovar, 2007 desarrolló un estudio en relación con el manejo del arbolado urbano de la Ciudad de Bogotá, Colombia, El manejo del árbol urbano en esta ciudad, ha cobrado especial importancia, debido al proceso de renovación urbana por el que pasa la ciudad y además, el arbolado se ha convertido en una fuente de alto riesgo debido al preocupante estado físico y sanitario de muchos de sus individuos, causante de los

muchos y frecuentes accidentes por caída de ramas y por el volcamiento total de sus estructuras. Bogotá desde 1998 ha establecido un orden jurídico, institucional y técnico que ha fortalecido el manejo adecuado de la arborización urbana, garantizando una relación armoniosa entre la infraestructura de la ciudad y la vegetación.

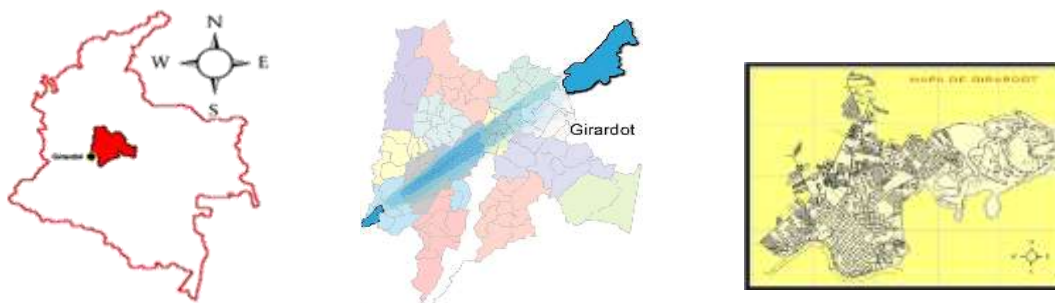
Restrepo et al, 2015 realizaron la investigación incidencia del deterioro progresivo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, Colombia. El arbolado urbano de los municipios del Valle de Aburrá, Colombia, está evidenciando deterioro y muerte por estrés hídrico y térmico, contaminación atmosférica, urbanización y ataques de plagas y enfermedades. Se realizó un muestreo de 11.710 individuos de 25 especies de árboles y palmas en el área metropolitana del Valle de Aburrá, con el propósito de registrar síntomas de deterioro progresivo (DP) como marchitez de ramas y secamiento descendente. Se estimó un modelo logit multifactorial que relaciona la incidencia del DP con características dasométricas de los individuos, el sitio de siembra y el número de afectaciones. Se encontraron 720 individuos con DP (incidencia de 6.1%). Los modelos logit tuvieron un ajuste satisfactorio a los datos y evidenciaron que existe una relación estadísticamente significativa entre la incidencia del deterioro de árboles y el diámetro del árbol, su ubicación (municipio), especie, sitio de siembra (zona verde, piso duro, alcorque) y presencia de otras afectaciones.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 Zona de Estudio

El Municipio de Girardot está situado en la Zona Tropical hacia el centro de la República de Colombia, al suroccidente del Departamento de Cundinamarca, a $4^{\circ} 17' 36''$ de Latitud Norte, tiene una Longitud con relación al Meridiano de Bogotá de $59^{\circ} 44' 55''$ W. Por estar situado en plena Zona Tórrida, el Municipio se caracteriza por tener temperatura constante a través del año y carecer de estaciones, contando solamente con dos marcados períodos de sequía y humedad repartidos en los 12 meses del año (Alcaldía de Girardot, 2020)

Figura 1. Localización municipio Girardot Cundinamarca



Fuente. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Girardot, Cundinamarca

5.1.1 Límites

El municipio de Girardot limita por el Norte: Con los Municipios de Nariño y Tocaima. Por el Sur: Con Flandes en el Departamento del Tolima, y el Río Magdalena de por medio. Por el Oriente: Con el Municipio de Ricaurte (Peñalisa), y el Río Bogotá de

por medio. Por el Occidente: Con el Departamento del Tolima y parte del Municipio de Nariño. Es de anotar que sus grandes líneas limítrofes están en los ríos Magdalena y Bogotá, arterias que rodean con una gran cinta de agua al Municipio (Alcaldía de Girardot, 2020).

5.1.2 Climatología y temperatura

El municipio de Girardot, goza de un clima cálido seco, sano y agradable para ciudadanos y turistas. Se denomina técnicamente clima de sabana periódicamente húmedo con lluvias zenitales, que es una subdivisión del clima tropical lluvioso. Como todo su territorio está debajo de los 1.000 metros de altura, sus temperaturas son elevadas, registrándose las más altas durante los meses de febrero, agosto y Septiembre; durante el resto del año hay un ligero descenso producido por un régimen de lluvias moderado, distinguiéndose dos períodos lluviosos de abril a junio y de septiembre a noviembre. El Municipio tiene una temperatura media de 30 grados centígrados (Alcaldía de Girardot, 2020).

5.1.3 Altura

La zona urbana del municipio de Girardot, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 326 Metros (Alcaldía de Girardot, 2020).

5.1.4 Pluviosidad

El municipio de Girardot, cuenta con un régimen de lluvias moderado, distinguiéndose dos períodos lluviosos de abril a junio y de septiembre a noviembre (Alcaldía de Girardot, 2020).

5.1.5 Hidrología

Según el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, 2015. El municipio de Girardot tiene como centro el río Magdalena. La vida de Girardot tiene hondas raíces con esta arteria fluvial. Puede decirse que este Municipio es un producto de la relación hombre - río en una constante dada por la urgencia del crecimiento regional y local. El Río Bogotá lo recorre de Norte a Sur, desde el punto llamado Leticia (antes Hato Sucio), sirve de límite con Ricaurte y rinde sus aguas al Magdalena.

5.2 Arbolado urbano

El arbolado urbano presta importantes beneficios, pero también causan algunos problemas, ya que su crecimiento y desarrollo, muchas veces interfiere con edificaciones, redes de servicios públicos y vías, por lo tanto, se deben resaltar algunos criterios a tener en cuenta para la siembra de árboles en zonas urbanas.

Para darle al árbol el espacio que requiere para crecer, Tovar (2007) considera dos aspectos, su tamaño en la edad adulta, lo que incluye su altura, diámetro de copa, extensión y profundidad de las raíces, y las características propias de las construcciones

urbanas, como lo son las calles, ubicación de letreros, redes eléctricas y de alcantarillado y edificios, combinando ambos aspectos se permitirá no sólo beneficiar al árbol en su crecimiento y vida, sino también no obstaculizar el tránsito de peatones, el estacionamiento de vehículos, tendidos de redes de servicios públicos y ubicación de edificaciones.

En cuanto a la forma del árbol, Vargas (2007) considera que el tronco debe ser recto, copas altas, libre de ramificaciones basales y espinas. en determinadas circunstancias se pueden plantar árboles de hojas persistentes, el tamaño de ésta debe ser preferiblemente pequeñas o medianas, ya que obstruyen menos los desagües y alcantarillas que las más grandes y permiten su fácil barril y recolección.

Otras características esenciales para la selección de las especies urbanas se deben considerar, las condiciones del medio que incluyen el espacio físico (aéreo o subterráneo), disponibilidad hídrica y exposición al viento. Estas condiciones van a determinar las especies con más resistencia de acuerdo al ambiente. (Jardín Botánico de Bogotá, 2006).

En cuanto a su crecimiento, Sánchez (2001) hace referencia al tiempo, en años, que tarda el árbol en alcanzar su máximo tamaño, Irrazabal & Vera (2009) clasifican el crecimiento en tres tipos: Rápido, entre 5 y 15 años; Medio, entre 15 y 25 años y Lento, más de 25 años, también se debe considerar aspectos como la longevidad y la resistencia dentro de la velocidad de crecimiento ya que algunas especies de suelen tener una madera más vulnerable a las fracturas y menor longevidad.

En cuanto a sus costos de mantenimiento, Pinzón (2009) afirma que una selección de especies con algo grado de resistencia a plagas y enfermedades desestima enormemente algunos costos descartando así especies vulnerables a agentes infecciosos y o especies alergénicas que conlleven a la incidencia de alergias en la población, también afirma que los costos corresponden al más común de los daños de la vegetación, asociado a tipos de especies como son las productoras de frutas o aún de flores o demasiada hojarasca que cae en la ciudad o taponan sistemas de desagüe (incluyendo canales y bajantes de las casas), o espacios pocos adecuados para el crecimiento de los árboles; principalmente las raíces que levantan pavimentos o que taponan alcantarillas, estos generan un gasto para la ciudad y en general pérdida de calidad de la malla Vial y viviendas afectando pisos, paredes, techos inclusive sistemas de desagüe de aguas servidas.

Además de las consideraciones técnicas sobre las características del arbolado urbano, la selección de las especies más propicias adaptadas al entorno rígido de las urbes, son necesarias campañas educativas que integran a la población y le permitan valorar y concientizarse acerca de las ventajas que representan los árboles en el municipio de Girardot, propiciando en el mismo un ambiente más natural (Pinzón, 2009).

5.3 Censo Forestal Urbano

El censo del árbol urbano es el conjunto de Procedimientos destinados a proveer información cualitativa y cuantitativa de los árboles que componen el arbolado público, incluyendo algunas características del entorno urbano en donde los mismos crecen, esta

definición la aporta el Jardín Botánico José Celestino Mutis (1998) aclarando que el censo debe contener toda la información inherente a cada árbol y permitirá todo un cruce de estadísticas y de diagnóstico, así como la imagen visual de cada elemento en su entorno actual.

Según Llanos, 2008, cada municipio debe adquirir la responsabilidad de realizar un inventario del arbolado existente en la ciudad, generando información confiable y precisa que permita conocer el estado actual en cuanto a cantidad, especie, estado fitosanitario, interferencia con redes aéreas y subterráneas, la fauna relacionada, entre muchas otras, las cuales, van a permitir la gestión y puesta en marcha de un plan de manejo adecuado y preciso que favorezca tanto a los habitantes como el desarrollo urbano.

Rivas (1999) afirma que entre las herramientas que se emplean para realizar un censo forestal urbano, se destacan técnicas e instrumentos de medición, cartografía, conocimientos de botánica, urbanismo, manejo de GPS, entre otras, todas deben estar coordinadas en el espacio y en el tiempo, detrás de un mismo objetivo, lo que hace que un censo forestal urbano sea técnicamente una operación compleja, la cual aumentará en la medida que la superficie a ser inventariada sea mayor e incremente la cantidad de variables a medir. Cuando la superficie a inventariar aumenta, el componente técnico se le suma el componente humano y las dificultades asociadas a él como la capacitación, movilidad, instrumental, Etc.

Según Rodríguez (2000), un aspecto muy importante a tener en cuenta es que la información provista por el censo forestal urbano es estática, ya que indica el estado de situación en la fecha en que los gastos son tomados; por lo tanto, es de fundamental importancia la recurrencia por la posibilidad de realizar periódicamente la toma de datos, dada la dinámica que tiene el arbolado o el componente urbano que interacciona con el mismo, que sufre permanentes modificaciones producto del constante crecimiento urbano.

5.3.1 Inventarios y SIG

Con el fin de construir un sistema de información geográfica, y para el levantamiento de la información relativa a los árboles durante el inventario, resulta obvio que en la ciudad es necesario conocer todas las características relacionadas al tema. La Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA) y Hitchings (1980; 37p), diseñaron formularios teniendo en cuenta los aspectos fisiológicos, estructurales y de salud, para conocer los parámetros que influyen en los beneficios ambientales de los árboles. El modelo de la ISA sirve para conocer el valor, o mejor, el costo en pesos de un árbol, teniendo en cuenta los criterios de especie, función, condición y tamaño.

Además, en lo que respecta a la técnica de los inventarios, los SIG han resultado ser una herramienta poderosa y eficaz para capturar, almacenar, manejar, analizar y presentar la información. Goodwin (1996; 19-28p), analiza, a través de dos casos de estudio, los diferentes métodos para el geoposicionamiento de los árboles: fotografías

aéreas, geoposicionadores (GPS), estación total y mapas base. Rivas, Arévalo y Meza (1999; 26p), realizaron un levantamiento de los árboles utilizando la estación total y el software Idrisi para el manejo de los datos. Kane, and Ryan (1999; 135-143p), recomiendan el uso de los GPS para la localización de árboles en áreas remotas donde se dificulta el empleo de otro equipo topográfico.

5.3.2 Parámetros de entrada (Modelamiento)

Peñañiel, J (2001) define una entidad como cualquier objeto o evento acerca del cual alguien escoge recolectar datos; por tanto, la identificación de entidades se puede hacer a partir del diagrama de flujo de la información.

Las principales entidades desde un punto de vista técnico que se identifican en relación con los inventarios de los árboles urbanos son las siguientes:

- Árbol
- Especie
- Fotografía
- Estructura
- Condición del tronco
- Condición de las raíces
- Impacto ambiental
- Tratamiento requerido
- Historia de mantenimiento

- Ambiente (clima, suelo, topografía)
- Infraestructura de servicios presente en el sitio
- Ubicación del árbol en las diferentes unidades administrativas (Coordenadas, predio, separador, manzana, barrio, comuna y zona urbana).

5.3.2.1 Árbol (Estado Físico)

El estado físico de los árboles es primordial para poder ejecutar un diagnóstico físico acertado de una población. Para la valoración del estado físico del arbolado urbano en la ciudad, Castillo (1995) dice que se deben identificar diferentes condiciones de los árboles tales como: raíces descubiertas, daños mecánicos (presencia de daños físicos provocados por agentes externos), bifurcaciones basales, afectaciones en la base del tronco (heridas), fuste inclinado y de crecimiento encorvado. De acuerdo con la información a recopilar se determinará el estado físico del árbol: bueno (no hay síntomas de daños físicos), regular (daños físicos afectando al individuo en más del 30%) y malo (daños que comprometen en más de un 70%).

5.3.2.2 Datos Generales del Árbol

Todo individuo que posea un fuste desarrollado mayor a 1,30 cm, se considera apto para censar con datos completos en los formularios. También se censarán individuos muertos en pie, para priorizar su tala y evitar el riesgo de caída. Se censan también individuos que no cumplan la altura, pero se identifiquen como nuevas siembras y se consideren objetivo de manejo en el futuro (Peñafiel, J, 2001).

5.3.2.3 Numeración del Arbolado (ID)

El código de identificación o ID, Arévalo (1999) establece que cada individuo se compone de dos campos numéricos separados por un guion, el primer campo corresponde al número del formulario que se está diligenciando y el segundo al consecutivo del árbol. Ejemplo: Formulario: 5, Consecutivo: 13, ID: 5-13. En caso de repetirse algún ID se colocará una R al final de tal modo que pueda diferenciarse del otro, por ejemplo: 5-13R

5.3.2.4 Dirección

Este campo hace referencia a la ubicación del árbol con respecto a la información catastral de las construcciones que se encuentran presentes; en el caso en el que el individuo se encuentre en un andén o un jardín de una casa, se tiene en cuenta que en la nomenclatura de las viviendas el segundo número corresponde a una distancia entre ese punto y la esquina de la calle, la cual sería el punto de amarre, y con esto la localización de los individuos en el plano se hace más fácil. Ejemplo: Calle 38 N° 49-50, esta vivienda se encuentra a 50 m de la esquina de esa calle, y justo en frente de esa vivienda se encuentra el árbol, es esta la dirección que se asocia al individuo y se diligencia en el formulario; en el caso en el que el individuo se encuentre en un separador, el punto de amarre es la esquina de dicho separador, en este caso se coloca la calle y la distancia del inicio del separador al individuo (Arévalo, 1999).

5.3.2.5 Especie

Determinar el nombre científico o común de la especie, si este no se conoce o no se puede hacer el reconocimiento de la especie diligenciar con PI (Por Identificar) para luego realizar una visita con el profesional pertinente, quien lo colectará en caso de ser necesario.

5.3.2.6 Fotografía

Cada individuo censado debe tener su respectiva foto, de manera que cuando no se esté en campo, se pueda observar cada individuo sin necesidad de regresar al punto. Se coloca el número de la foto perteneciente al individuo. **TODOS LOS ÁRBOLES DEBEN TENER FOTOGRAFÍAS** (Arévalo, 1999).

5.3.2.6.1 Consideraciones para las fotografías:

- a) Todas las fotos deben estar tomadas verticalmente, de modo que se pueda observar claramente el individuo completo, desde la base hasta finalizar su copa.
- b) Si por alguna razón, en una sola foto no se logra captar el individuo completo, tomar dos fotografías y referenciarlas en el formulario, de modo que estas se puedan editar para unir las y que quede una sola, por esto, se deben tomar ambas desde el mismo punto.
- c) Ninguna foto debe estar a contra luz o estar movida, es decir, las fotos deben tener claridad total.

- d) Las fotografías no deben tener objetos que impidan la clara observación del individuo, como buses u otros vehículos, entre otras cosas.
- e) Con el objetivo de presentar una escala dentro de la fotografía, ubicar la vara de 1,30 m con la que se ubica el DAP, al lado del árbol, de modo que se observe claramente.
- f) En las fotos no debe aparecer ninguna persona, en especial niños (Arévalo, 1999).

5.4 Georreferenciación

Un GPS funciona mediante una red de como mínimo veinticuatro satélites en órbita sobre el planeta Tierra, a aproximadamente 20.000 km de altura, con órbitas distribuidas para que en todo momento haya al menos cuatro satélites visibles en cualquier punto de la tierra, por lo tanto, la precisión intrínseca del sistema GPS depende del número de satélites visibles en un momento y posición determinados.

Si se capta la señal de entre siete y nueve satélites, y si éstos están en una posición adecuada, pueden obtenerse precisiones inferiores a 2,5 metros en el 95 % del tiempo, sin embargo, existen otros factores que pueden alterar la calidad de la captura de posición geográfica, como por ejemplo La troposfera y la ionosfera, estas pueden cambiar la velocidad de propagación de una señal GPS. Otra posible fuente de error en los cálculos del GPS es el efecto multitrayecto. Este efecto se produce cuando la señal del satélite GPS rebota en estructuras cercanas como edificios y montañas (Zayas, 2001).

(Ver Figura 2)

Figura 2: Factores que alteran el posicionamiento GPS



Fuente: Peñafiel, J.; Zayas, J. 2001 ; 135 p

5.5 Interfase Grafica

No podemos hablar de una interfaz gráfica sin antes darle la categoría requerida al SIG, la cual es una herramienta importante, Rodríguez, W (2000, 50 p) dice lo siguiente:

“Un Sistema de Información Geográfica permite, entre otras cosas: recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos tan simples como lo son: puntos, líneas y polígonos que en conjunto representan entidades geográficas y variables espaciales medibles y georreferenciados”

Por lo tanto, la razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma. En la siguiente tabla, obtenida del trabajo de Gálvez-Nieto, A. (2020), se quiere demostrar la importancia de la interfaz gráfica al momento de representar la información puntual en información espacial.

Tabla 2. Especies Arbóreas existentes en el parque Jorge Arróspide, distrito de Ate, Lima, Perú.

Especies arbóreas existentes en el Parque Jorge Arróspide	
Nombre Científico	Nombre Común
<i>Ficus elastica</i>	Caucho
<i>Ficus benjamina</i>	Ficus
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá
<i>Melia azedarach</i>	Melia
<i>Acacia saligna</i>	Mimosa
<i>Schinus terebenthifolius</i>	Molle costeño
<i>Schinus molle</i>	Molle serrano
<i>Eriobotrya japonica</i>	Nispero
<i>Persea americana</i>	Palto
<i>Tipuana tipu</i>	Tipa
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano

Fuente: Gálvez-Nieto, A. (2020). Pag 9

Figura 3. Croquis de la Ubicación de las especies arbóreas del Parque Arróspide.



Fuente: Gálvez-Nieto, A. (2020). Pag 9

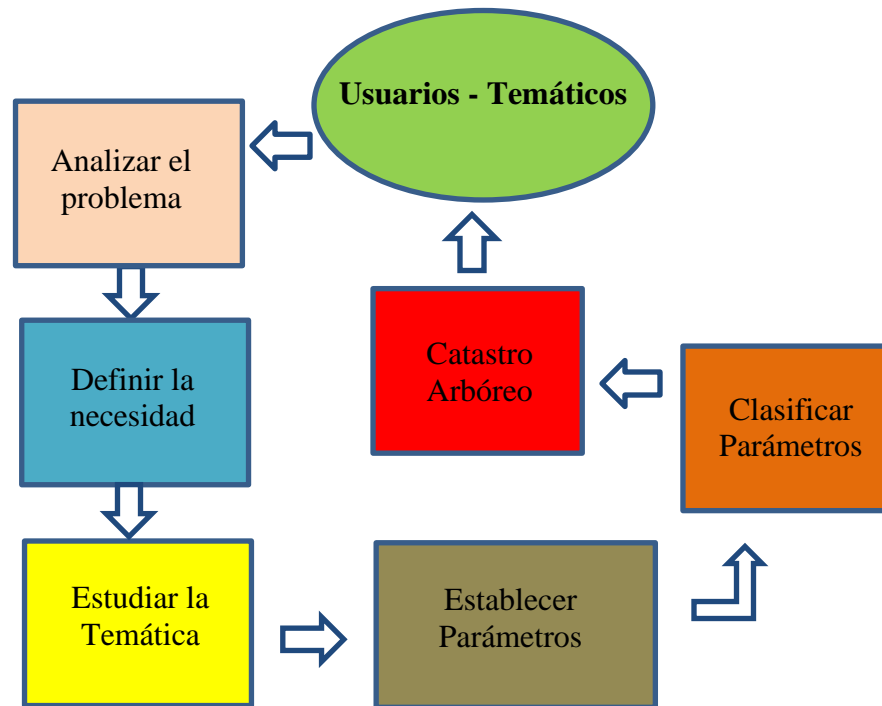
Con estas herramientas, el profesional con ayuda del Software, tiene la capacidad de crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones de una manera eficaz y rápida, la cual ayuda al usuario a la toma de mejores decisiones referente a la temática que este procesando.

6. RESULTADOS

Generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que de un soporte adecuado en la toma de decisiones ante las problemáticas que el arbolado urbano genera en el municipio, es el resultado que cualquier administración desea obtener, como futuro Ingeniero Ambiental, me apropio de esta problemática, analizando y clasificando el flujo de información necesario para cumplir con el objetivo principal de este documento, esto nos lleva a un acomodamiento de información cuyos parámetros son muy precisos al momento de su obtención, a continuación se presenta una metodología adecuada para la captura de información requerida como resultado final para la creación de la base datos que dará soporte a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

6.1 Flujo de Información

Figura 4: Diagrama de la metodología propuesta para el proyecto



La Figura 4 muestra el diagrama de la metodología propuesta para el desarrollo del proyecto: desde el análisis de la problemática de ausencia de sistemas de información geográfica para el arbolado urbano, el planteamiento de la necesidad, aspectos considerados en el flujo de información para el establecimiento de parámetros que ayuden a la elaboración del catastro arbóreo

6.1.1 Requerimientos de información

Los usuarios de un sistema de información geográfica para el manejo de los árboles urbanos, según Rodríguez (2000), se requiere principalmente lo siguiente:

- Introducir a la base datos el trabajo de campo resultante del levantamiento de los árboles. Identificación, especie, función, ubicación, DN, altura, cobertura, condición de salud, impacto, tratamiento, coordenada x, coordenada y.
- Introducir la información de los nuevos árboles jóvenes y maduros a la base de datos. Identificador, especie, dirección, función, diámetro normal (DN), altura, estructura, condición del tronco, condición de la raíz, impacto ambiental, tratamiento, coord_x, coord_y.
- Editar y actualizar la información relativa a un árbol específico (la que se introdujo en el inventario).
- Consultar y producir informes y mapas de los árboles clasificados de acuerdo a sus características más relevantes (Identificador, especie, función, ubicación, clases de altura, clases de cobertura, condición de salud, impacto ambiental y necesidades de mantenimiento).

6.1.2 Reglas que rigen los procesos

De acuerdo al flujo de información y al concepto de sistema de información, Herrera (2000) plantea las siguientes reglas que rigen los procesos:

- Un árbol, si existe, debe pertenecer a una especie y una especie, si existe, puede incluir uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de vigor y una condición de vigor puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de su raíz y una condición de raíz puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una estructura y una estructura puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de su tronco y una condición de tronco puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe recibir uno o más tratamientos y un tratamiento puede ser aplicado a uno más árboles.
- Un árbol, si existe debe tener una historia de mantenimiento y una historia puede pertenecer a uno o más árboles.
- Una historia de mantenimiento, si existe, tiene un tratamiento y un tratamiento puede pertenecer a una o más historias.
- Un árbol, si existe, tiene uno o más impactos ambientales y un impacto, si existe, puede pertenecer a uno o más árboles.

6.2 Metodología en Campo

Este proceso contiene dos etapas:

- Levantamiento de los datos no espaciales, relativa a los atributos de los árboles
- Geoposicionamiento.

Según los lineamientos que estructura Hoyos (2007), el evaluador en campo debe proceder a realizar el levantamiento de las características o atributos de los árboles, con el propósito de controlar la calidad del trabajo, un Ingeniero Forestal debe asesorar al evaluador permanentemente en los criterios y en las dudas acerca de la implementación e interpretación de la información solicitada en los formularios establecidos.

Para la localización geográfica se debe emplear un dispositivo GPS de alta precisión, capturando el punto de observación lo más cercano al tronco. El GPS emplea un archivo para cada punto el cual se procederá a ser descargado en el computador para no llenar la memoria del GPS y así continuar con el levantamiento.

Herrera (2000), menciona que se pueden presentar interferencias significativas con las copas de los árboles, lo mismo que con las edificaciones presentes en el lugar.

6.2.1 Instrumentos de Medición

Para la realización del Censo del Arbolado Urbano, se hace necesaria la construcción de una adecuada instrucción para la utilización de los instrumentos durante el proceso de captura de la información dasométricas. Es así que el proceso de recolección, hace indispensable que se unifiquen los procedimientos con el fin de ofrecer mayor claridad para los participantes en los procesos de medición.

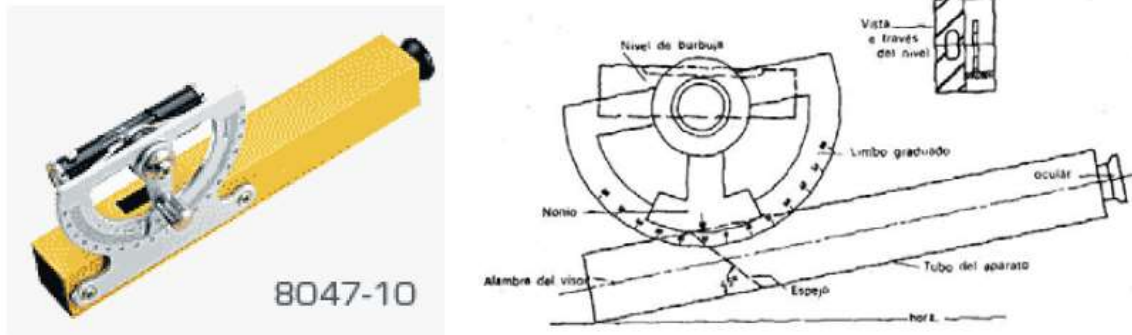
Los instrumentos que se van a utilizar para realizar las mediciones dasométricas son:

1. Nivel Abney
2. Cinta métrica

6.2.1.1 Nivel Abney

Cancino, 2012, describe el nivel Abney como un instrumento utilizado para medir alturas y ángulos de inclinación de los árboles, que consiste de un tubo de visión de aproximadamente 15 cm. de longitud en el cual va montado un arco graduado en grados o en porcentaje, que indican la diferencia en elevación (en metros) correspondiente a una distancia horizontal dada. Cuando la burbuja del nivel adherido al instrumento se ve centrada al efectuar una visual a la cima del árbol, puede determinarse la altura del árbol sobre el nivel del ojo, a partir de los grados indicados o porcentaje. El porcentaje es realmente la tangente natural del ángulo vertical multiplicada, por 100, el observador puede leer la altura directamente del arco si está a 100 m. (o 100 pies) del árbol, obviando la necesidad de tablas trigonométricas.

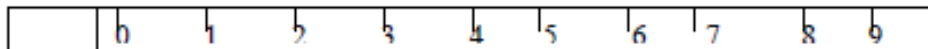
Figura 5: Nivel Abney (Cancino; 2012)



6.2.1.2 Cinta Métrica

Es un instrumento muy práctico que se utiliza para realizar varias mediciones como la altura total de un árbol, la altura del fuste, la altura de la copa, el diámetro ecuatorial de la copa, el perímetro a la altura del pecho y el perímetro basal. La cinta métrica de plástico, constituye un material flexible que se ajusta a las condiciones del terreno y climáticas más adversas. Está contenida dentro de una caja circular de material resistente que la protege u permite guardarla completamente. Está graduada en milímetros, centímetros y metros, hasta un total de 30 metros (Cancino, 2012).

Figura 6: Cinta Métrica (Cancino, 2012)



6.2.2 Medición de variables dasométricas

Antes de hacer cualquier medición de DAP se debe siempre limpiar el fuste del árbol en el lugar donde se va a realizar la medida, con cuidado de no remover o deteriorar la corteza, con el fin de limpiar epifitas, musgos o cualquier otro elemento que genere interferencia. Para esto se utilizarán guantes de carnaza o cuero, que protegen a la persona que está realizando la actividad y no son lesivos para ellas (Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1998).

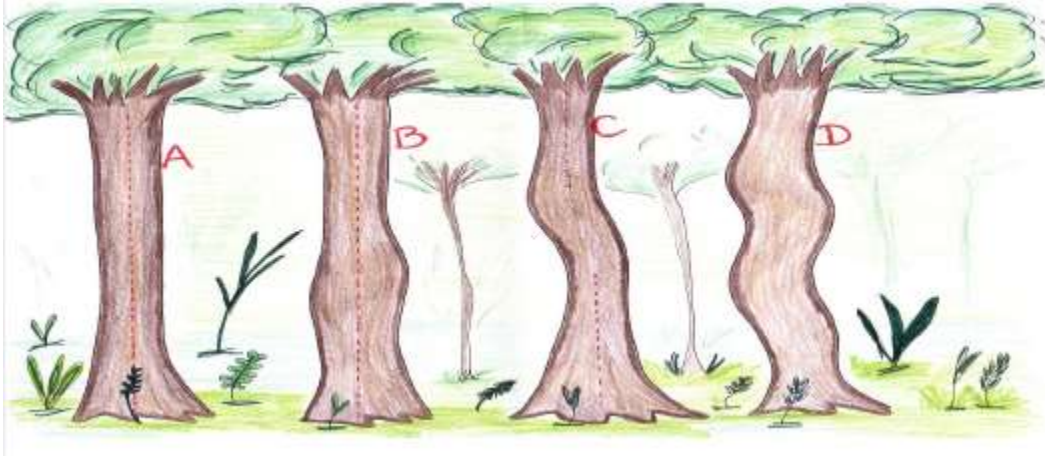
6.2.2.1 Caducidad del Fuste

Tabla 3 . Caducidad del fuste

Descripción	Criterio
A	Fuste de eje recto, cilíndrico y sin defecto
B	Fuste de eje recto, con algunos defectos de forma en los bordes.
C	Fustes de eje sinuoso pero que es posible obtener una tabla de por lo menos 4 metros de largo
D	Fuste de eje totalmente sinuoso

Fuente: Jardín Botánico José Celestino Mutis (1998; p 37)

Figura 7. Caducidad del Fuste

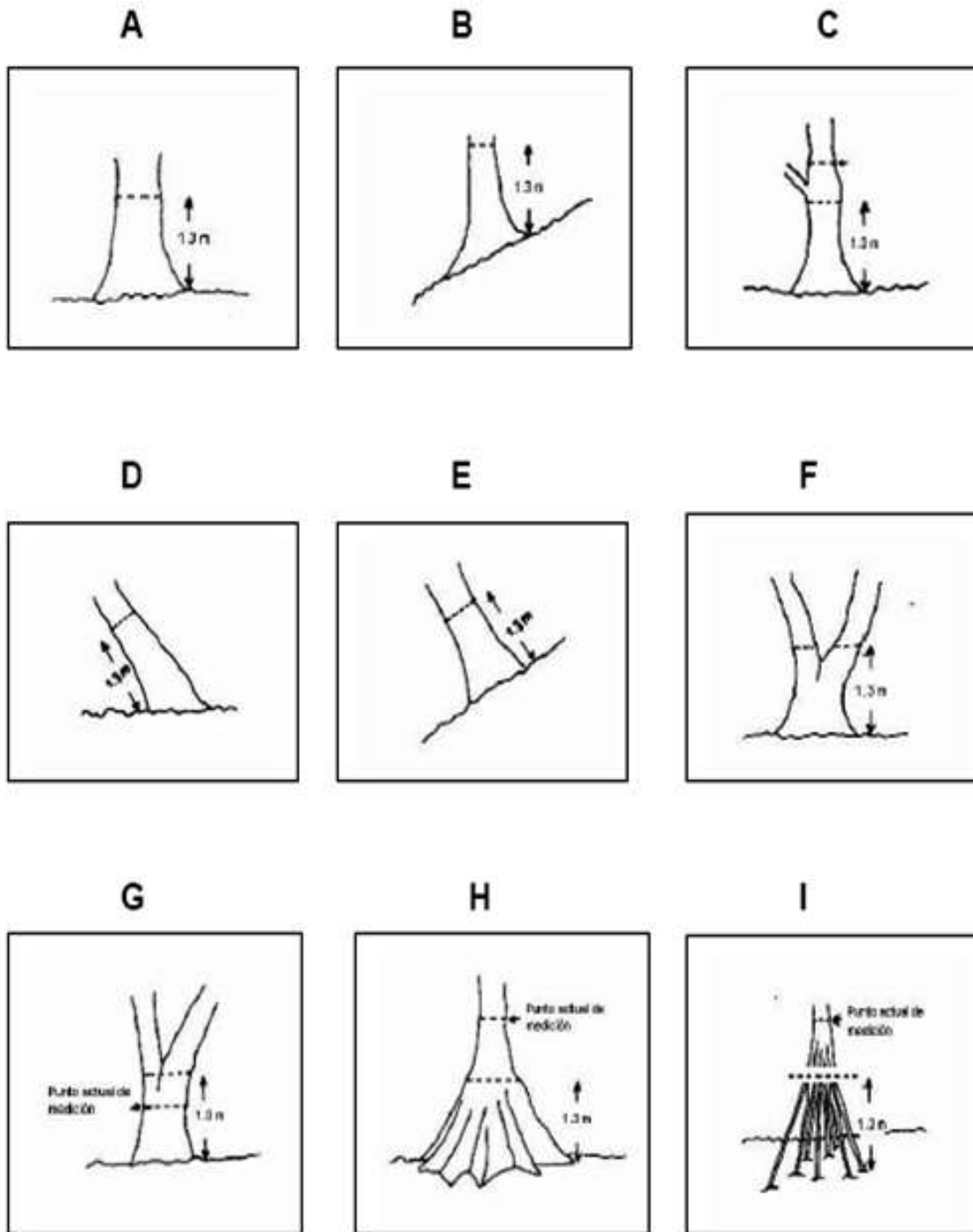


Fuente : Jardín Botánico José Celestino Mutis; 1998

6.2.2.2 Diámetro de la Altura del Pecho (DAP)

El grosor del árbol se mide con respecto a un diámetro de referencia tomado a 1,30 m sobre la parte del fuste más cercana al suelo, como se muestra en la (Figura 8). Para determinar el 1,30 m se utilizarán varas de esta dimensión con el fin de facilitar la localización del punto de medida, en el que una vez identificado se coloca la cinta métrica de acuerdo a la postura del fuste y se marca con tiza una franja de 5 cm en el borde superior de la cinta, debajo de la cual se pintará esta dimensión con un ancho de 0,5 cm. La pintura que se usará es asfáltica de secado rápido, que se envasará en tarros con boquilla para facilitar su aplicación, sin embargo, se tendrá apoyo de pincel (Cancino, 2012).

Figura 8. Medición del DAP



Fuente: Encinas (1992; p. 27)

6.2.2.2.1 Precauciones en la medición del dap

Según el manual de silvicultura urbana para Bogotá, Tovar, 2007, la medición del dap debe realizarse a la altura correcta y en forma perpendicular al eje del fuste. La medición a una altura mayor o menor producirá, respectivamente, una subestimación y sobreestimación del dap del árbol. La medición en un plano diferente al perpendicular al eje entrega un valor mayor al real. Errores en las mediciones producirán errores en cualquier variable que se derive o estime a partir del dap, como por ejemplo la altura total o el volumen fustal del árbol. Además, debe cuidarse que el instrumental utilizado para realizar las mediciones esté en condiciones óptimas; en el caso de usar forcípula, que esta tenga sus brazos paralelos; y cuando se utiliza una cinta diamétrica, que no esté cortada en algún punto.

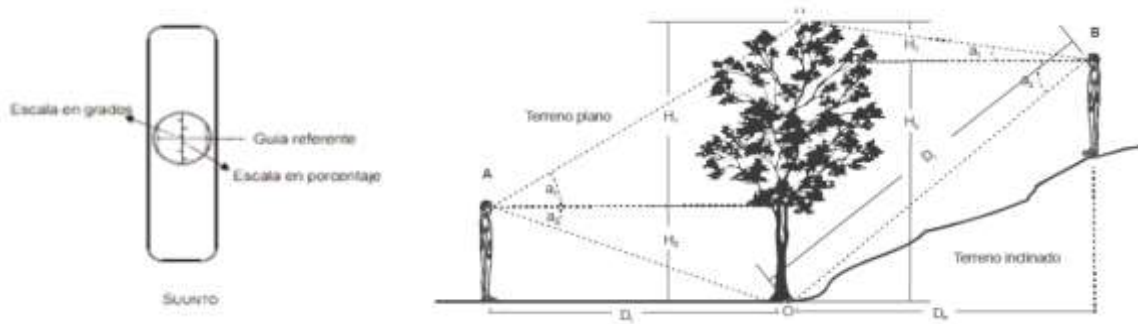
6.2.2.3 Altura Total (Ht)

Se encuentra definida como la longitud desde la base hasta el ápice del árbol (Cancino, 2012), que será medida de manera indirecta usando un clinómetro de la siguiente manera:

1. Se toma la distancia horizontal del observador al árbol, de modo que no se presenten obstáculos en la visual, y que se pueda determinar con claridad la base y el ápice del árbol
2. Se precisan entonces dos mediciones, una por encima del cero y otra por debajo, $V+$ y $V-$ respectivamente. Para tomar estas mediciones, ambos ojos deben estar

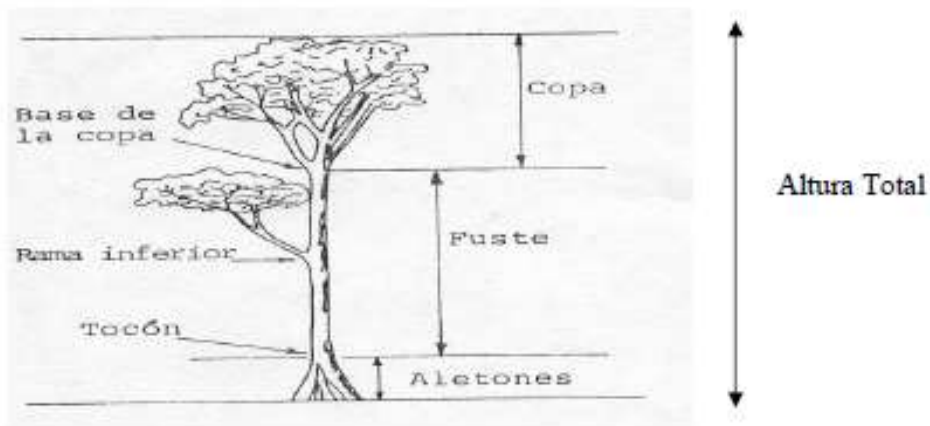
abiertos, pues la línea de referencia del aparato se prolonga por visión óptica para su ubicación fuera de él. La escala referente a los grados se encuentra en el lado izquierdo de la banda, el lado derecho arroja resultados en porcentaje, antes de comenzar a realizar medición de las alturas, es aconsejable inclinar el clinómetro totalmente, de tal manera que en su parte inferior se observe la escala angular y quede completamente seguro (Figura 9).

Figura 9: Clinómetro y vistas al árbol para determinar la altura



Fuente: Encinas (1992; p. 29)

Figura 10: Medición Altura Total



Fuente: Cancino (2012; p. 98)

La medición en árboles de altura pequeña (menor a 15 m) puede realizarse directamente, mediante cintas métricas o varas telescópicas. Para realizar la medición, el operario se posiciona a cierta distancia del árbol, apunta con el instrumento a la base y a otro punto de interés en el árbol, y realiza la lectura en la escala del instrumento en cada oportunidad. Considerando los valores sobre la horizontal como positivos y aquellos bajo la horizontal como negativos, el valor absoluto de la diferencia entre ambas mediciones entrega la altura buscada (Cancino, 2012).

6.2.2.3.1 Precauciones en la medición de alturas

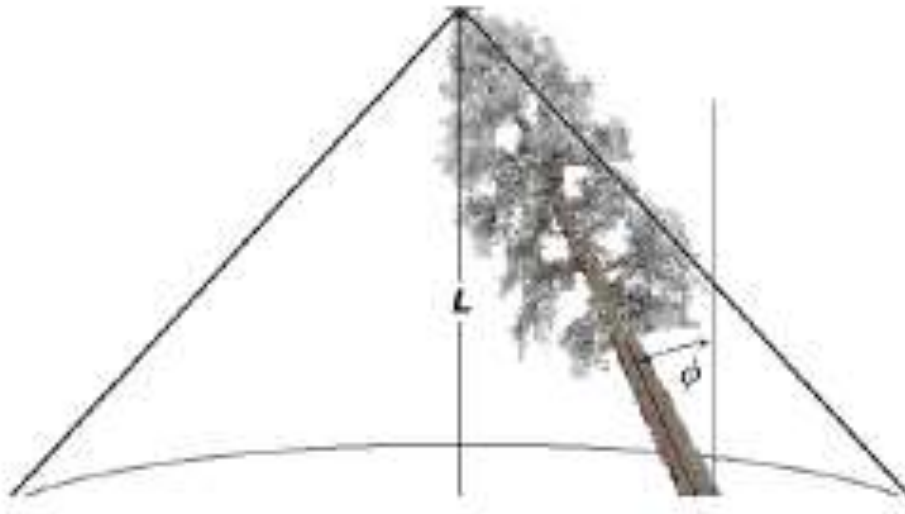
Según Cancino, 2012, la obtención de la altura mediante instrumentos ópticos requiere la medición correcta de la distancia horizontal entre el operario y el árbol. Si esa distancia se mide con error, la lectura de la altura del árbol será incorrecta, al igual que si se realiza la lectura en una escala graduada para otra distancia distinta a la que se está situado desde el árbol. Si se mide la distancia con la mira de algún instrumento y la visual desde el instrumento no incide perpendicularmente en la mira, la distancia horizontal no es correcta y, por consiguiente, la altura del árbol tampoco será medida correctamente.

La medición de la altura requiere que tanto la base como el apice del árbol sean claramente visibles. Esto último puede ser difícil en árboles de copa globosa, caso en que tendera a sobreestimarse la altura total. Otra causa de error en la medición de alturas es la

inclinación del árbol en relación al plano vertical. Estos errores de edición se reducen al aumentar la distancia entre el observador y el árbol.

En la medición de la altura de un árbol inclinado, las lecturas obtenidas del instrumento óptico no entregan la altura real del árbol. Esta lectura, que puede denominarse altura aparente, debe corregirse para obtener la altura real. Cuando la medición de la distancia horizontal se realiza hasta la proyección vertical del apice del árbol, el operario puede posicionarse a esa distancia en cualquier lugar alrededor del punto de proyección del apice sobre el plano horizontal que pasa por la base del árbol (Encinas, 1992).

Figura 11: Medición de la altura de un árbol inclinado



Fuente: Encinas (1992; p 101)

7. CONCLUSIONES

1. El desarrollo de un SIG arbóreo en el municipio de Girardot Cundinamarca, ofrece una herramienta fundamental para la toma de decisiones en la selección y tratamiento de las especies existentes dentro del municipio.
2. Con una base de datos consistente y actualizada es muy fácil analizar a fondo toda la información recopilada, información que puede ser filtrada y analizada según así lo requiera el profesional a cargo, siendo así más puntual y preciso en su investigación.
3. Un plan de manejo adecuado está dado en cuatro aspectos importantes: árboles a podar, árboles a talar, manejo fitosanitario teniendo en cuenta los insectos plaga o enfermedades identificadas y la distancia de plantación del arbolado urbano de acuerdo a los espacios disponibles en el municipio.
4. Los parámetros más importantes que se pueden analizar con una base de datos actualizada son los siguiente:
 - a. Daños presentados en las vías del municipio
 - b. Problemas estructurales debido a las raíces de los árboles
 - c. Afectaciones al cableado de luz
 - d. Cuantificación de árboles por especie o tamaño
 - e. Historial de mantenimiento
5. Los métodos para el geoposicionamiento de los árboles son de fácil utilización y su precisión varía dependiendo de los materiales cartográficos y el equipo disponible.

6. El modelo propuesto debe ser revisado y ajustado continuamente tanto en su parte temática como lógica, con el fin de que se adecue a la realidad cambiante de la administración de los árboles urbanos en el lugar donde se implemente.

8. RECOMENDACIONES

- El manejo de los árboles, tanto con fines ornamentales como ambientales y económicos, debería ser una de las prioridades del municipio. Si se quiere que los proyectos urbanos sobre arbolado tengan una expresión real y concreta, se necesita la generación de todo un sistema urbano de áreas verdes.
- Realizar programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad, con el fin de buscar una sensibilización y apropiación del entorno que los rodea
- Se deben realizar programas de monitoreo y seguimiento a los sitios objetos de estudio, con el fin de garantizar su bienestar y el bienestar de los residentes aledaños
- Realizar un listado de las especies de fauna que viven en el arbolado urbano, con el fin de crear programas de protección para ellas.
- Los árboles ya sea por su valor estético o por su valor para el desarrollo de la calidad ambiental, forman parte de la estructura urbana y deben ser considerados en cada uno de los proyectos sociales y ambientales.
- Se debería considerar el aprovechamiento de residuos vegetales generados en las actividades de poda y tala del arbolado.

- La distancia mínima que se debe conservar en la siembra de árboles dentro del perímetro urbano del municipio es de 3 metros de distancia entre el tronco del árbol y la fachada de edificios y casas. Para andenes angostos se recomienda especies de porte pequeño que no superen los 4 metros de altura. En andenes anchos se recomiendan especies que no superen los 6 metros de altura siempre. (García, J.H., et al. 2010, p 47).

9. LISTA DE REFERENCIAS

- ACOSTA H, C. *Especies recomendadas para la arborización urbana de Montería, Colombia*. En: Revista NODO.2014. Vol. 8, No. 16. pp 109-117.
- ADKINS, R., KUHNS, D. and BLOOD, M. *Urban Forest Resource Management at Hill Air Force Base*. En *Journal of Arboriculture*. Ogden, Utah. Vol. 23, No. 4. 1997; 136. 143.
- ALVARADO, Bernabé. *Aspectos sobre manejo y recuperación de árboles ornamentales*. Santafé de Bogotá: INDERENA, Subgerencia de bosques, 1992. 61p.
- ARÉVALO, G. y MEZA, J. L. *Inventario y diagnóstico de áreas arboladas urbanas*. En ARÉVALO, W. (2015). *La Biomasa: Una Alternativa Energética Proveniente de la Vida Misma*. Nariño: UNIMAR.
- BENEDETTI, G., & DE FERRERAS, A. C. (2007). *Arbolado de alineación: el mapa verde de un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina*. Papeles de Geografía, (45-46), 27-38.
- BLONIARZ, D. and RYAN, D. *The Use of Volunteer Initiatives in Conducting Urban Forest Resource Inventories*. En *Journal of Arboriculture*. USA. Vol. 22, No. 2. 1996; p. 75. 82.

- BUSTOS MARTÍNEZ, C. P., & SÁNCHEZ CORREDOR, A. (2016). *Modelo estadístico para calcular la proyección biométrica en cuanto a altura de las especies arbóreas, de las localidades de ciudad bolívar, suba, santa fe y candelaria de la ciudad de Bogotá a partir de los datos de los años 2005 al año 2007.*
- CANCINO CANCINO, J. O. (2012). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente.
- CASTILLO R, L y PASTRANA F, J. C. *Diagnóstico del arbolado viario de El Vedado: composición, distribución y conflictos con el espacio construido*. En: *Arquitectura y Urbanismo*. 2015. Vol. 36, No 2. ISSN 1815-5898.
- CAVALLARO, Sandra. *Los ecosistemas urbanos. Buenos Aires: Ecogenesis Ambiente y Desarrollo Territorial*. 2005. p. 4
- CHACALO, A.; ALDAMA, A. and Gravinsky, J. *Street tree inventory in Mexico City*. En *Journal of Arboriculture*. USA. Vol. 4, No. 20. 1994; p. 222 . 225. Colombia. Bogotá.
- CONGRESO DE COLOMBIA. (2014). *Ley 1715 del 13 de mayo de 2014*. Bogotá.
- DAMA (1998). *Manual guía de Especies Vegetales Vedadas y en vía de Extinción y de Frecuente Comercialización*. Bogotá 337 p.
- DELOITTE. (2016). EQUIPO RESEARCH – MPS. Sector energía III: ERNC, *perspectivas y dificultades*. Recuperado de <https://www2.deloitte.com>.

- DÍAZ, LUIS F. Y DE JANON, CARMEN ELENA. (2010). *Reciclaje y tratamiento biológico de los residuos sólidos municipales*. Quito: Editorial Ecuador.
- DWYER, M. and MILLER, R. *Using GIS to Assess Urban Tree Canopy Benefits and Surrounding Greenspace Distributions*. En *Journal of Arboriculture*. USA. Vol. 25, No. 2. 1999; p. 102. 107
- ENCINAS, J. I. (1992). *Medición del DAP en terrenos inclinados*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 27(8), 1113-1116.
- ESQUIVEL, Héctor Eduardo. *Flora Arborea de la ciudad de Ibagué*. Universidad del Tolima. Ibagué, 2009. p. 27
- FERNÁNDEZ, P y VARGAS, A. *Conflicto entre el arbolado urbano y la infraestructura*. En: Revista de extensión de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 2012. Revista No. 43.
- FLOREZ DUARTE, Sonia Judith y ORTIZ GARCIA, Ledis Elsa. *Diagnóstico de la silvicultura urbana y periurbana en Bucaramanga Santander*. Trabajo de grado Ingeniería Forestal. Málaga: Universidad Industrial de Santander, Programa de Ingeniería Forestal, 2002. 182 p.
- FRANCO R, J F. *Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá*. En: Revista Escuela de Administración de Negocios [online]. 2012. No.72. ISSN 0120-8160. pp. 193-204.

GALVEZ-NIETO, A. (2020). *LOS ÁRBOLES URBANOS EN LA HABITABILIDAD DE LOS ESPACIOS PÚBLICOS VECINALES: UNA MIRADA SOSTENIBLE*. Paideia XXI, 10(1).

GOODWIND, D.W. *A street tree inventory for Massachusetts using a geographic information system*. En *Journal of Arboriculture*. USA. Vol. 22, No. 1. 1996; p. 19 . 28.

GUARNASCHELLI, AB y GARAU, AM. *Árboles*. 2009. Edición primera. Buenos Aires. ISBN 978-950-24-1236-8.

HIGUITA PEREZ, Osva. *Estudio y plan de manejo de la silvicultura urbana y periurbana en los municipios de San Andrés, Málaga, Capitanejo en Santander y Soata en Boyacá*. Trabajo de grado Ingeniería Forestal. Málaga: Universidad Industrial de Santander, Programa de Ingeniería Forestal, 2005. 189 p.

HITCHINGS, D.R. *Prontuario de Dasonomía Urbana*. Arizona: Land Department. 1980; 37 p.

HOYOS, Miguel; *Manual de silvicultura urbana para Medellín*. 1 ed. Medellín: Alcaldía de Medellín. Secretaria del Medio Ambiente, 2007. P. 158.

HUERTAS VARGAS, K. A., VILLARREAL, A., & LEONARDO, S. *Caracterización, diagnóstico y manejo del arbolado urbano y zonas verdes de las instalaciones de la Escuela de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN*.

HURTADO FLOREZ, N., SANCHEZ HOYOS, D. M., & SUAREZ DIAZ, N. (2016).

Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) en la institución educativa Liceo Pradera para fomentar una cultura ambiental y promover la conservación del entorno.

IRRAZABAL, Carlos y VERA, Oscar. *Pasos para una Correcta Arborización*. San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción Facultad de Ciencias Agrarias. Paraguay, 2009; p. 2

JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ (2006). *Manual de Silvicultura Urbana para Bogotá*. 178 p.

JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CIENTÍFICO. *Manual del censista y auxiliar censo del árbol urbano de Bogotá D.C*; Alcaldía mayor de Bogotá, 1998, p. 84

JIMÉNEZ GARZÓN, A. J., & MUÑOZ, S. P. (2010). *Caracterización, diagnóstico y formulación de un plan de manejo para el componente arbóreo de 12 senderos ecológicos localizados en el área urbana del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.*

KANE, B. and RYAN, D. *Locating Trees Using a Geographic Information System and the Global Positioning System*. En *Journal of Arboriculture*. USA. Vol. 24, No. 3. 1999; p. 135. 143

- MCPHERSON, G.; SIMPSON J.; PEPER P. and XIAO G. Benefit. *Cost Analysis of Modesto's Municipal Urban Forest. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 5, No. 25. 1999; p. 235 . 248.*
- Memorias del X encuentro de investigadores de la Preparatoria Agrícola de la UACH. México. 1999, p. 26.*
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá: MinMinas.*
- MOLINA P, L. F. *Árboles para Neiva Especies que fortalecen la Estructura Ecológica Principal. En: Revista nodo. 2008. No. 4, Vo. 2. pp39-54.*
- OLIG, G. and MILLER, R. *Street Tree Inventory Software. En USDA Forest Service Urban Forestry for the Midwestern States. USA. 1999; 152 p.*
- OTAYA BURBANO, Leodán Andrés y SÁNCHEZ ZAPATA, Robinson de Jesús. *Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la silvicultura urbana, caso municipio de Envigado. Trabajo de grado Ingeniería Forestal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2005. 84 p.*
- PEÑAFIEL, J.; ZAYAS, J. 2001. *Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía. Colegio Oficial de IT en Topografía. Delegación de Madrid, Castilla-La Mancha., 135 pp.*
- PHILLIPS, L. *Urban Trees. A guide for selection, maintenance, and Master Planing. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993; 273 p.*

PINZÓN U, L. F. (2009). *Efectos de los Cultivos Ilícitos, sobre el Medio Natural en*
PRIEGO D G, C. *Nuevas formas de entender la naturaleza urbana. Áreas verdes en las*
ciudades. Instituto de estudios sociales avanzados IESA-CSIC. En: Revista
ambiental. 2011, No 97. [Citado 03 agosto 2015]. Disponible en la World Wide
Web:<http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Priego.htm>

RESTREPO O, H. I.; MORENO H., F.; HOYOS E., C.H. *Incidencia del deterioro*
progresivo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, Colombia. En: Colombia
Forestal. 2015.Vol. 18, No. 2, pp225-240.

RIVAS, D., ARÉVALO, G. Y MEZA, J.L. *Inventario y diagnóstico de áreas arboladas*
urbanas. En memorias del X encuentro de investigadores de la Preparatoria
Agrícola de la UACH. México. 1999, p. 26.

RODRÍGUEZ, W. y HERRERA, W. *Sistema de Información Geográfica para el*
Mantenimiento de los Árboles. SIGMA. Universidad Distrital Francisco José de
Caldas. Bogotá, 2000; 50 p.

SALINAS ALZATE, N. A. (2018). *Alternativas de tratamientos y disposición final de*
los productos vegetales originados por la tala, poda, jardinería y rocería en el
municipio de Itagüí (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

SZTERN, D. Y PRAVIA, M. (2013). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Manual para la Elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Recuperado de [Http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf).

TOVAR C, G. *Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia*. En: Bitacora Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2013. Vol. 22. No. 1. Pp 119 – 136

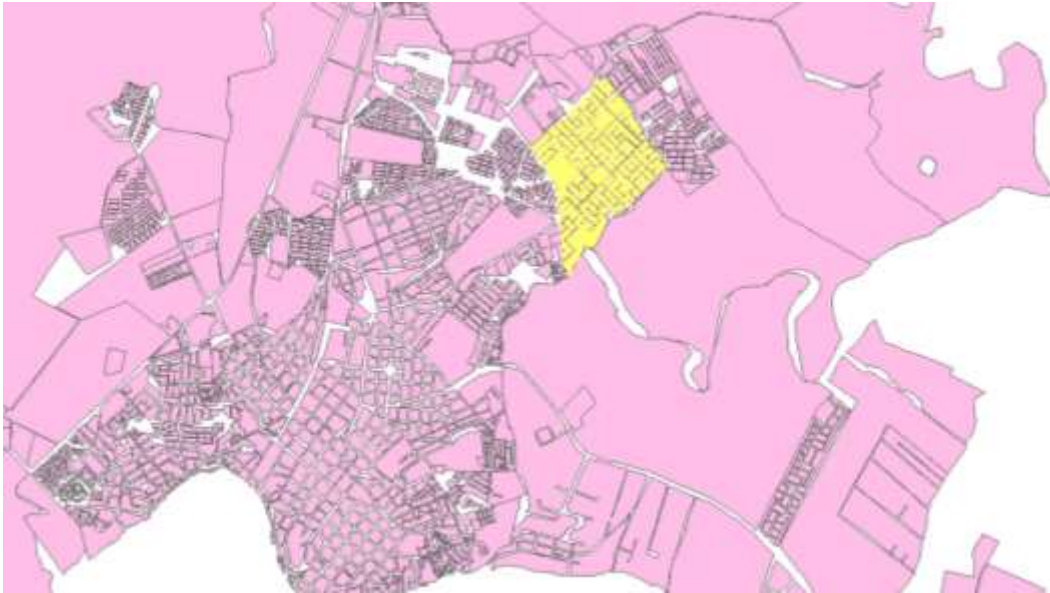
TOVAR G. (2007). *Manejo del arbolado urbano en Bogotá*, *Revista Territorios*, 16-17, 149-174.

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. *Sistemas cartográficos. Referencia general*. Sunnyvale, CA: Commercial Systems Group. 1997; p. 20.

VARGAS, B. & MOLINA PRIETO, L.F. (2007). *Árboles para Bucaramanga. Especies que fortalecen la Estructura Ecológica Principal*. *Revista nodo*, 2 (1), 25-40.

10.2 Área de estudio

Figura 12. Municipio de Girardot (Barrio Kennedy)



Fuente: Base de Datos (IGAC, 2020)

Figura 13. Sobreposición Barrio Kennedy en Imagen Satelital



Fuente: Base de Datos (IGAC, 2020)

10.3 Plan de Manejo Arborización Urbana

El Plan de Manejo contiene objetivos y metas, programas de trabajo, presupuestos, nuevas plantaciones, análisis espacial por especies, edad, diámetro, altura, cobertura y distribución de los árboles. También el plan incluye las actividades con participación de la comunidad, por ejemplo, El Día del Árbol.

El Plan descansa en el inventario, revisa y evalúa la ciudad, sus habitantes, las autoridades que intervienen y lógicamente los mismos árboles. El propósito es contar con un programa que garantice la participación ciudadana con la conciencia de todos los beneficios aportados por los árboles, a través de labores arborícolas, todo al menor costo. Bloniarz and Ryan (1996) hacen énfasis en que la ciudadanía debe participar y sentir como propio el Plan, a fin de que resulte exitoso. Adkins, Kuhns and Blood (1997), describen diferentes experiencias donde la comunidad ha intervenido con voluntarios para llevar a cabo los inventarios de los árboles. En Bogotá actualmente la ciudadanía en los barrios participa en las labores de cuidado de sus propios parques, bajo el programa. Obras con saldo pedagógico.

Por otra parte, Dwyer and Miller, utilizaron un SIG para evaluar la distribución de la cobertura forestal en Stevens Point, Wisconsin, y con ello determinar las reducciones de energía en aire acondicionado. Esto quiere decir que con los sistemas de información geográfica se facilita el trabajo de realizar análisis de los beneficios ambientales de los árboles. Además, los programas de trabajo son organizados eficientemente, lo mismo que

las consultas a la base de datos y las órdenes de trabajo. De esta manera resulta mucho más práctico para elaborar informes y justificar presupuestos.

10.3.1 Programa de arborización y paisajismo

Es importante mencionar que la fase de vivero para cualquier especie, es vital en su futuro crecimiento y desarrollo, si se presenta un mal manejo en esta etapa, esto se verá reflejado en toda la vida de la planta y en algunos casos puede llegar a ocasionar la muerte de la misma. Es por ello, que un tema bastante importante, es la producción del nuevo material de siembra que será plantado en diferentes emplazamientos de la ciudad.

Para lograr una producción exitosa de árboles que van a hacer plantados en una ciudad, es necesario conocer a fondo las diferentes formas de propagación, así como su fenología y su sistema radicular, esto, permitirá llevar a cabo actividades correctamente diseñadas para este tipo de especies en la fase vivero. Por consiguiente, los aspectos a tener en cuenta en la producción del material de siembra serían los siguientes: el sistema radicular debe estar bien desarrollado y extendido de manera uniforme en la bolsa; todas las estructuras que componen el árbol deben estar en excelente estado fitosanitario; no se deben realizar podas conservando así todas su ramas; el tallo debe tener un grosor de 10 centímetros; dar cumplimiento a la reglamentación establecida por el ICA; la rusticidad es un aspecto importante en este tipo de especies, ya que le permite adaptarse fácilmente a las condiciones extremas que se dan en una ciudad (Dama, 1998).

10.3.1.1 Programa de manejo y control de plagas y enfermedades

Las condiciones adversas en la que se desarrollan los árboles en la ciudad, traen como consecuencia un sistema de defensa débil ante cualquier tipo de plaga y enfermedad, por esta razón, es fundamental el establecimiento de un sistema de control preventivo, que incluya monitoreo de los niveles de daño, incidencia y severidad de un determinado problema fitosanitario, el cual se constituirá en la herramienta principal para la toma de decisiones al momento de realizar un control efectivo (Cavallaro, 2005).

10.3.1.2 Programa de Podas o desrame.

Estas sólo deben efectuarse cuando sea necesario, iniciando de abajo hacia arriba y preferiblemente en un periodo seco, no olvidando desinfectar las herramientas después de cada corte, la formalina al 20% puede ser usada para desinfectar las heridas de poda y elementos de corte. Para evitar heridas por desgarramiento de corteza y madera durante las podas, éstas se deben realizar de la siguiente manera:

- Primero un corte por debajo, segundo un corte por arriba y tercero un corte de pulimiento a ras del tronco.

El proceso inmediato a la poda, es el cubrimiento de heridas con cicatrizante comercial. (Férreas, 2007).

10.3.1.3 Programa de protección integral del arbolado urbano

Cuando se tiene pleno conocimiento del arbolado de una ciudad, es posible establecer un programa completo y estructurado que involucre todas las actividades (fertilización, riego, poda, control fitosanitario) que se requieren para un crecimiento y desarrollo adecuado dentro de un entorno con tantas limitaciones. (Pinzón, 2009)

10.3.1.4 Programa de silvicultura urbana

Gran parte del arbolado de una ciudad no ha sido plantado producto de una planificación, esta situación conlleva a que el mantenimiento requiera de mayor inversión y se presente mayores problemas. Por ello el programa de silvicultura urbana se convierte en la herramienta principal para el desarrollo adecuado del arbolado urbano, el cual, debe estar constituido por un manual técnico claro y preciso que reúna cada uno de los procesos a seguir, de otro lado, es importante integrar los diferentes actores que tienen que ver en la toma de decisiones y responsabilidades, tanto a nivel nacional como municipal, incluyendo además, las empresas de servicios públicos, entidades de aseo, secretarías de medio ambiente y la empresa privada. En consecuencia, el manejo organizado y claro, permitirá prevenir daños en la vegetación urbana a través de un manejo correcto, además de prever riesgos potenciales en la infraestructura y en vidas humanas, lo que se traduce en un ambiente urbano favorable. (Rivas, 2004)