

DEPARTAMENTO: AGRONOMÍA Y FORESTAL

CARRERA: INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

COMPOSICIÓN, DIVERSIDAD Y RIESGOS DEL ARBOLADO URBANO EN EL DOCENTE II Y LOS CENTROS UNIVERSITARIOS MUNICIPALES PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS

COMPOSITION, DIVERSITY AND RISKS OF THE URBAN TREES IN THE DOCENTE II AND THE MUNICIPAL UNIVERSITY CENTERS BELONGING TO THE UNIVERSITY OF SANCTI SPÍRITUS

Autor: Gilberto Borroto García

Tutora: Profesor Auxiliar, Lic. Ana Gertrudis Trocones Boggiano, MSc.

Sancti Spíritus

2022

**Copyright©UNISS**

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”, subordinado a la Dirección General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información, contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.  
Comandante Manuel Fajardo s/n, esquina a Cuartel, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP.  
60100

Teléfono: **41-334968**



*“ Quien planta un árbol salva una vida, quien planta varios salva la humanidad. ”*

*José Martí*

## DEDICATORIA

A mis padres, Gipsy Gracia Vargas y Gilberto Borroto Hernández.

A mi hermana Angélica Borroto Gracia.

A mi esposa Beatriz Hernández Ulloa.

Al resto de la familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por el apoyo a lo largo de toda mi formación.

A mi tutora MSc. Ana Gertrudis Trocones Boggiano, por su dedicación y apoyo en la realización de dicho Trabajo.

Al profesor MSc. Luis Alberto Delgado Fernández, por su apoyo en los estudios de campo.

A mis compañeros de aula por su apoyo en todos estos años y los momentos compartidos.

A compañeros de otros años antecedentes en la realización de trabajos de campo.

A la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” y los profesores de la carrera Ingeniería Forestal que, a lo largo de estos cinco años contribuyeron a hacernos profesionales.

A la dirección de los Centros Universitarios Municipales donde se desarrolló la investigación, por facilitar el acceso a los mismos.

A todo aquel que apoyó lo que he logrado hoy en día.

## RESUMEN

El trabajo que se presenta constituye un resultado parcial del proyecto institucional *Diagnóstico y plan de manejo del arbolado urbano en instituciones del sector estatal de Sancti Spíritus*, tuvo como objetivo caracterizar el arbolado urbano del Docente II y de los Centros Universitarios Municipales (CUM) pertenecientes a la Universidad de Sancti Spíritus a partir de su composición, diversidad y situaciones de riesgos. Mediante recorridos de campo, inspección visual directa y consultas bibliográficas se realizó el inventario y clasificación de las especies arbóreas en cuanto a taxonomía, origen, función, tipo de emplazamiento, estado de desarrollo y fitosanitario, además se identificaron los problemas de conflictividad. La diversidad se evaluó mediante los índices de riqueza, abundancia relativa, equitatividad y dominancia. Entre los CUM, sólo el de Jatibonico presentó condiciones para el estudio en términos de número de individuos. Los resultados más relevantes mostraron la existencia de un total de 142 ejemplares (91 en el Docente II y 51 en el CUM Jatibonico), pertenecientes a 16 especies, agrupadas en 10 familias, siendo *Arecaceae* la mejor representada, predominan las especies arbóreas, autóctonas y perennifolias, existe equilibrio entre frutales y ornamentales; la mayoría de los ejemplares presentan buen estado físico y sanitario, mientras que el tipo de emplazamiento predominante es árboles aislados. La conflictividad más identificada fue la afectación a infraestructuras. El arbolado urbano en las áreas estudiadas presenta alto índice de riqueza específica pero baja diversidad, evidenciándose dominancia de dos especies de la familia *Arecaceae*.

**Palabras clave:** composición, diversidad, conflictividad, arbolado urbano, docente II, Centros Universitarios Municipales.

## ABSTRACT

The research presented here is a partial result of the institutional project *Diagnosis and management plan of urban trees in institutions of the state sector of Sancti Spiritus*. Its objective was to characterize the urban trees of Docente II and the Municipal University Centers (CUM) belonging to the University of Sancti Spiritus based on their composition, diversity and risk situations. Through field visits, direct visual inspection and bibliographic consultations, the inventory and classification of tree species was carried out in terms of taxonomy, origin, function, type of location, developmental and phytosanitary status, and problems of conflict were identified. Diversity was evaluated by means of richness, relative abundance, evenness and dominance indices. Among the CUM, only the one of Jatibonico presented conditions for the study in terms of number of individuals. The most relevant results showed the existence of a total of 142 specimens (91 in Docente II and 51 in CUM Jatibonico), belonging to 16 species, grouped in 10 families, with *Arecaceae* being the best represented, there is a predominance of native and evergreen tree species and a balance between fruit and ornamental species; most specimens are in good physical and health condition, while the predominant type of location is isolated trees. The most frequently identified conflict was the impact on infrastructure. The urban trees in the areas studied have a high index of specific richness but low diversity, with a dominance of two species of the *Arecaceae* family.

**Keywords:** composition, diversity, conflict, urban trees, Docente II, Municipal University Centers.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1- Silvicultura Urbana y Arboricultura.....	4
2.1.1- El bosque urbano .....	6
2.1.2- Funciones del arbolado urbano .....	7
2.2- Criterios para la planificación y manejo del arbolado urbano .....	9
2.3- Aspectos a tener en cuenta para el establecimiento del arbolado urbano.....	10
2.3.1- Clasificación del arbolado urbano de acuerdo con el tipo de emplazamiento .....	16
2.4- Importancia de los estudios de composición y diversidad del arbolado urbano.....	17
2.5- Principales situaciones de riesgo y conflictividad del arbolado urbano.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1- Ubicación y generalidades del estudio.....	20
3.2- Procedimiento para el inventario de especies y conteo de ejemplares .....	21
3.3- Procedimientos para la clasificación de las especies y ejemplares en las áreas de estudio	21
3.4- Procedimientos para la evaluación de la diversidad del arbolado en las áreas de estudio..	23
3.5- Análisis estadístico .....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1- Inventario y conteo de los ejemplares presentes en las áreas de estudio .....	25
4.2- Composición del arbolado urbano en las áreas de estudio .....	27
4.2.1- Taxonomía: familias mejor representadas .....	27
4.2.2- Origen, función principal y permanencia del follaje en las arbóreas .....	30
4.2.3- Estado de desarrollo en los ejemplares arbóreos, estado físico y sanitario, tipo de emplazamiento.....	32
4.3- Situaciones de riesgo (conflictividad) y necesidades de atenciones culturales .....	33
4.4- Diversidad del arbolado urbano en las áreas de estudio.....	34
4.5- Problemas de gestión, planificación y manejo identificados en las áreas de estudio .....	36
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RECOMENDACIONES .....	37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
8. ANEXOS .....	44



## 1. INTRODUCCIÓN

En el centro de los problemas ambientales que enfrenta el mundo, se encuentran las ciudades o áreas urbanas. Estas tienen condiciones significativamente diferentes a las zonas rurales debido a las intensas transformaciones que deben sufrir las áreas naturales en función del desarrollo humano; por lo que a menudo se dice que el crecimiento urbano se da a expensas de las áreas verdes de una ciudad (FAO 2017). Estos impactos pueden ser mitigados mediante una planificación participativa de crecimiento urbano en la que se involucren la sociedad civil, las entidades públicas y el sector privado. Es por ello que, en la actualidad, la búsqueda de soluciones adecuadas, que posibiliten elevar la calidad ambiental del arbolado urbano constituye un reto obligatorio para romper con la carencia de diseño, orden y confort que deterioran el urbanismo (Castillo y Ferro, 2015).

El arbolado urbano, que a veces solo se valora por su sombra o porque da un toque de color al asfalto gris, es un elemento esencial desde el punto de vista ambiental, sociológico y psicológico, contribuye a la regulación ambiental, rompe con la rigidez de las formas geométricas de las edificaciones, permite la atenuación de ruidos, con la sombra se refresca el ambiente, depura el aire, donde los árboles absorben grandes cantidades de CO<sub>2</sub> al año, investigaciones demuestran que vivir cerca de espacios verdes urbanos y tener acceso a ellos puede mejorar la salud física y mental, disminuyendo la tensión arterial alta y el estrés, contribuyendo así al bienestar de la comunidad urbana (JBBJCM 2008).

Sin embargo, las actividades propias del desarrollo urbano como la pavimentación y las grandes construcciones provocan la impermeabilización o compactación del suelo y una reducción de la cantidad de vegetación, que en muchos sitios es drástica; mientras que la intensificación del tráfico y las industrias contribuyen al aumento de los contaminantes atmosféricos; es así que el aumento de las áreas verdes y del arbolado urbano constituye una de las estrategias más viables para mitigar estos efectos.

Sancti Spíritus, una de las 15 provincias del país, de acuerdo a la nueva División Política Administrativa establecida a partir del año 2011; no escapa a esta problemática. Los datos registrados en el Anuario Estadístico 2015-2019, (ONEI, 2019), confirman que luego de

existir cierta tendencia a la estabilidad entre 2016-2018 en cuanto a la superficie (en hectáreas) plantada con árboles, en 2019 se constató una alarmante disminución.

Las instituciones de educación superior cubanas están llamadas a formar profesionales capaces de dar respuestas a los problemas más acuciantes de la sociedad en que se desarrollan, combinando los conocimientos con la creatividad. Bajo esta premisa se aprobó en el presente año 2022 en la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS), el proyecto institucional *Diagnóstico y plan de manejo del arbolado urbano en instituciones del sector estatal de Sancti Spíritus*, liderado por la carrera Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el cual contempla en una primera etapa el diagnóstico en la propia universidad y sus dependencias. La correcta planificación, gestión y manejo de las masas arbóreas presentes en los predios universitarios posibilitará que las instituciones en particular y las ciudades en general cuenten, y a la vez ofrezcan un sinnúmero de servicios ecosistémicos.

Lo expuesto anteriormente, justifica el desarrollo de la presente investigación, que pretende ofrecer soluciones al siguiente **problema científico**:

¿Qué características presenta el arbolado urbano del Docente II y los Centros Universitarios Municipales pertenecientes a la UNISS en cuanto a composición, diversidad y situaciones de riesgo?

Para el estudio se partió de la siguiente **hipótesis**:

El arbolado urbano en el Docente II y los CUM pertenecientes a la UNISS se caracteriza por la riqueza y diversidad de especies, presentando situaciones de riesgo y conflictividad derivadas de una inadecuada planificación y gestión.

El **objetivo general** de la investigación fue:

Caracterizar el arbolado urbano en el Docente II y los Centros Universitarios Municipales pertenecientes a la UNISS a partir de su composición, diversidad y situaciones de riesgo.

Y los **objetivos específicos**:

1. Realizar un inventario de las especies arbóreas, arbustivas y estipitadas presentes en las áreas de estudio.

2. Clasificar las especies en cuanto a taxonomía, estado de desarrollo, origen, función, estado fitosanitario y tipo de emplazamiento.
3. Identificar las situaciones de riesgos y necesidades de intervenciones silviculturales del arbolado urbano en las áreas de estudio.
4. Determinar los índices de diversidad, riqueza, abundancia, equitatividad y dominancia de especies en las áreas de estudio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Silvicultura Urbana y Arboricultura

Entre las definiciones más antiguas de silvicultura urbana se encuentra la de Gutiérrez, (1996), quien manifiesta que es una disciplina surgida a partir de necesidad de mejorar acciones y decisiones del ser humano respecto al árbol en la ciudad, y al mismo tiempo, promueve el cultivo y la defensa del árbol. Por su parte, Kuchelmeister y Braatz, (1993) señalan que es una rama especializada de la silvicultura, cuya finalidad es el cultivo y la ordenación de árboles con miras a aprovechar la contribución actual y potencial que éstos pueden aportar al bienestar de la población urbana, desde el punto de vista fisiológico, sociológico y económico. La silvicultura urbana es una fusión entre la arboricultura, la horticultura ornamental, la ordenación forestal y además tiene relación con la arquitectura paisajística y la ordenación de parques.

En el Congreso Forestal Mundial de 1997, celebrado en la ciudad de Antalya Turquía, se aprobó la siguiente definición: “Es una rama especializada de la silvicultura que tiene por finalidad el establecimiento, manejo y ordenación de árboles y arbustos con miras a aprovechar las características naturales de estos, en forma aislada o en arreglos especiales, para generar servicios ambientales psicológicos, sociológicos, económicos y estéticos”.

Gallego *et al.*, (2014), han definido la Silvicultura Urbana como la ciencia dasonómica que se relaciona con el cultivo de los bosques, naturales o artificiales, en áreas urbanas o periurbanas, para la obtención sostenida de bienes y servicios para los habitantes de la ciudad: aire limpio y fresco, captura y almacenamiento de carbono, agua, suelo, paisajes naturales, protección de la fauna y flora, espacios para campismo, pesca, caza, natación, recreación, leña para combustible y frutos.

Más recientemente, Ortiz y Luna, (2019), asumen que la silvicultura urbana es la rama más joven de la silvicultura y hace referencia al cultivo y ordenamiento de los bosques naturales o artificiales de las zonas urbanas, periurbanas, suburbanas y marginales. Tiene como finalidad potenciar los servicios ecosistémicos que presta el arbolado de las urbes.

Sin embargo, Corzo, (2013), hace una definición en un sentido más amplio, al manifestar que el concepto de silvicultura urbana se refiere a un sistema múltiple de ordenación que incluye las cuencas hidrográficas municipales, los hábitats de las especies animales silvestres, las oportunidades de esparcimiento al aire libre, el diseño del paisaje, la recuperación de desechos en el ámbito municipal, el cuidado de los árboles en general, y la producción de fibra de madera como materia prima.

Rivas, (2012), establece una diferenciación interesante entre Silvicultura urbana y Arboricultura, refiriendo que la divergencia entre estos dos conceptos es de carácter semántico, va más allá de un simple juego de palabras; ellas tienen distintos significados, no es lo mismo una que la otra, no son sinónimos, vienen de ciencias diferentes.

La Arboricultura es el cuidado de los árboles involucrando su manejo individual o poblacional en las ciudades, parques y en otros ambientes urbanos. La arboricultura incluye la selección apropiada de árboles para un sitio determinado, la plantación, la poda, la fertilización, el mantenimiento del estado saludable, así como el diagnóstico y el tratamiento de los problemas. El objetivo es la conservación a largo plazo y el manejo de la salud y la seguridad del árbol (ISA 2005).

La forestería urbana y periurbana, como también se conoce a la silvicultura urbana, es la práctica de gestión de los bosques urbanos para asegurar su contribución óptima al bienestar psicológico, sociológico y económico de las sociedades urbanas. Es un enfoque integrado, interdisciplinario, participativo y estratégico de planificación y gestión de los bosques y árboles en y alrededor de las ciudades. Engloba la evaluación, planificación, plantación, mantenimiento, preservación y monitoreo de los bosques urbanos y puede operar a escalas que van desde un solo árbol hasta todo el paisaje (FAO, 2017).

El ámbito de la silvicultura urbana comprende todo el espectro del desarrollo, desde las extensas áreas metropolitanas que crecen espontáneamente hasta los proyectos de urbanización cuidadosamente planificados. A escala de la comunidad, pone de relieve el compromiso de los habitantes de las ciudades en la gestión de los árboles privados y públicos, incluso por medio de su educación sobre el valor y beneficio de los árboles y bosques, apoyando su completa apropiación y responsabilidad por el ambiente que les rodea (Jorensen, 1993, citado por Tovar, 2013).

### 2.1.1- El bosque urbano

Se puede definir a los bosques urbanos como redes o sistemas que comprenden todos los arbolados (rodales), grupos de árboles y árboles individuales ubicados en las áreas urbanas y periurbanas; por tanto, se incluyen bosques, árboles en las calles, árboles en los parques y jardines y árboles en las esquinas de las calles. Los bosques urbanos son la espina dorsal de la infraestructura verde que conecta las áreas urbanas a las rurales y mejora la huella ambiental de las ciudades (FAO 2017).

Afirman Hoyos, *et al.*, (2007), que planificar el bosque urbano significa implementar un proceso que garantice que cada acción sobre el arbolado obedezca al cumplimiento de unos objetivos y unos criterios ecológicos claros, produciendo una decisión acertada que conjugue el análisis de diferentes elementos como son el conocimiento de las características y funcionalidad de las especies a intervenir, así como los requerimientos específicos del sitio donde serán ubicadas, sólo de esta manera se garantizará que la acción proyectada enriquezca ese espacio en beneficio de la población

Los bosques urbanos se pueden clasificar de diferentes maneras, sin embargo, la FAO, (2017), adopta cinco tipos simplificados de referencia, que son los siguientes:

- Bosques y arbolados periurbanos. Los bosques y las masas boscosas que rodean los poblados y ciudades y que pueden suministrar bienes y servicios tales como leña, fibras, frutas, otros productos forestales no madereros (PFNM), agua limpia, recreación y turismo.
- Parques municipales y bosques urbanos (> 0,5 ha). Grandes parques urbanos o municipales con una variedad de cubierta terrestre y, al menos, parcialmente equipados con instalaciones para el tiempo libre y la recreación.
- Parques y jardines pequeños con árboles (<0,5 ha). Pequeños parques municipales equipados con instalaciones para la recreación/tiempo libre y jardines y áreas verdes privados.
- Árboles en las calles o en las plazas públicas. Poblaciones de árboles lineales, pequeños grupos de árboles y árboles individuales en las plazas, aparcamientos, calles, etc.

- Otras áreas verdes con árboles. Por ejemplo, los lotes agrícolas urbanos, campos deportivos, terrenos baldíos, prados, riberas de ríos, campos abiertos, cementerios y jardines botánicos.

### 2.1.2- Funciones del arbolado urbano

Como protagonista de la Silvicultura Urbana se encuentra el árbol urbano, el cual se adapta a las características edafoclimáticas y culturales de la ciudad, convirtiéndose en un integrante esencial de la sociedad, ya que brinda protección al ser humano mediante el mejoramiento de su hábitat (proporciona sombra y oxígeno), ofrece tranquilidad en medio de la agitada vida citadina, recuerda la conexión con lo natural, permite que exista una conectividad entre los fragmentos de bosque que rodean y están inmersos en la ciudad, lo que contribuye al equilibrio ecológico, finalizando en una armonía entre la rudeza del cemento y la biodiversidad (FAO, 2017).

Los árboles son componente esencial del paisaje siendo el elemento vivo más visible en la ciudad, minimizan la sensación de rigidez del entorno construido dando un toque de armonía al medio urbano. Hoy día se han convertido en factor de valorización, pues es reconocida la importancia del “verde” y se paga por disfrutarlo.

Es pertinente aclarar que al árbol de las ciudades se le llama árbol urbano, y no árbol ornamental, porque sus funciones son variadas y van más allá de un partícipe meramente estético (Alvarado *et al.*, 2014).

El árbol urbano es aquel que además de contribuir al equilibrio ecológico, a la protección del hombre y al mejoramiento de su hábitat (sombra y oxígeno), se adapta a las características propias de los suelos de la ciudad, y su belleza y comportamiento están en armonía con el amueblamiento urbano y con el medio general. Fuera de formar parte del ecosistema citadino, es un elemento generador de tejido de la ciudad (Alvarado y Alzate 2002).

Entre las variadas funciones del árbol urbano se encuentran: aporte al bienestar físico y sociológico, a la recreación, la educación y al descanso ambiental, aporte a la calidad del aire, disipación del ruido y control de olores, protección de fuentes hídricas y mejoramiento

de suelos (áreas degradadas), mitigación al cambio climático, provisión de hábitat y conservación de flora, generación de empleo.

Los árboles aportan considerablemente a la belleza de las zonas urbanas haciéndolas más agradables y atractivas, desde el aspecto visual con su colorido y textura (frutos, flores, hojas, troncos), camuflando, mimetizando, contrastando y matizando las construcciones de cemento, asfalto e infraestructuras urbanas y brindando privacidad a los sitios de vivienda, trabajo o descanso. Aportan a agradables percepciones de los sentidos a través de los sonidos asociados a ellos (movimiento de ramas y hoja, canto de aves e insectos) y a las fragancias expedidas en épocas de floración y tras la lluvia (FAO 2017).

Las zonas arborizadas de las ciudades son las preferidas y más apropiadas para realizar actividades físicas, recreativas y de esparcimiento, por ser acertadamente asociadas por las personas con una buena calidad ambiental, favorable a la salud. Espacios como Parques Municipales, Áreas de Conservación Ambiental y Jardines Botánicos se constituyen en laboratorios vivos urbanos para el desarrollo de actividades científicas de las instituciones educativas, permitiendo el logro de las competencias de los educandos a partir de la experiencia en campo y no únicamente en sus aulas de concreto.

El efecto de los árboles sobre la mitigación de los contaminantes atmosféricos está relacionado con los procesos de oxigenación, difusión, adsorción y absorción, principalmente realizados en la fotosíntesis; teniendo un efecto positivo en la reducción de contaminantes gaseosos a niveles que no signifiquen un riesgo para la salud humana.

Así mismo, los árboles cumplen un papel fundamental en el ciclo hidrológico, en lo que a las ciudades concierne, lo más interesante tiene que ver con el aporte que hacen en la regulación en el suelo de la infiltración y la escorrentía de las aguas lluvias, de las que dependen en gran parte los caudales de ríos y quebradas en sus tramos urbanos.

El árbol tiene la capacidad de absorber agua por sus raíces y devolverla al ambiente a través del proceso de evapotranspiración, aumentando la humedad relativa de su entorno, hasta un 10% bajo un árbol (Hoyuela 2010), y disminuir la Temperatura hasta en 3 grados (Hoyuela, 2010). Por esta razón, sumada a su incidencia en el movimiento del aire, el



grado de radiación solar y protección contra la lluvia, se manifiesta que de acuerdo a las características de la arborización se generan diferentes microclimas en las ciudades.

Los arboles realizan en las zonas urbanas una de las funciones más valoradas por las personas, como es la de servir de refugio a algunas especies de fauna especialmente aves, mamíferos pequeños y reptiles.

El mantenimiento, manejo y planificación del arbolado urbano amerita la contratación permanente de personas de tipo operativo, técnico, profesional y administrativo, que es considerable en las ciudades en donde se cuenta con un ente dedicado decididamente a la silvicultura urbana. De igual manera, la participación del público en el cuidado de los árboles en las ciudades puede ayudar a reforzar el sentimiento de comunidad al dar a la gente una oportunidad para colaborar en beneficio del medio ambiente local. Se ha comprobado que los precios de las viviendas son más elevados en las cercanías de árboles urbanos (Zamudio, 2001).

## **2.2- Criterios para la planificación y manejo del arbolado urbano**

Planificar el bosque urbano significa implementar un proceso que garantice que cada acción sobre el arbolado obedezca al cumplimiento de unos objetivos y unos criterios ecológicos claros, produciendo una decisión acertada que conjugue el análisis de diferentes elementos como son el conocimiento de las características y funcionalidad de las especies a intervenir, así como los requerimientos específicos del sitio donde serán ubicadas, sólo de esta manera se garantizará que la acción proyectada enriquezca ese espacio en beneficio de la población (Hoyos, *et al.*, 2007)

El manejo de los árboles y arbustos es una actividad compleja, que demanda inversión de capital humano y económico para las decisiones públicas de planificación territorial y el planteamiento de los objetivos futuros. Generalmente el tipo de tratamiento varía según la especie, desarrollo, condiciones biológicas, sanitarias y el propósito de la plantación. La mayoría de los tratamientos técnicos que se realizan son similares a los que se indican para árboles jóvenes, dependiendo de los requerimientos de fertilización, aplicación de mulch y podas. El principal objetivo de las practicas silviculturales son obtener individuos con óptimo desarrollo, sanos, y que no representen riesgos para la comunidad o interfieran

en la infraestructura de la ciudad. Es por esta razón, que cada intervención requiere personal técnico y operativo capacitado, con conocimiento en ejecución de procedimientos, uso correcto de equipos y herramientas (Afanador, 2018).

El manejo del arbolado urbano es un instrumento normativo en el cuál se contemplan todas las actividades a realizar en relación al arbolado público. Es un marco que tiene en cuenta las características y componentes más diversos, definiendo objetivos y metas que podrán ser parciales o totales, anuales o plurianuales, y encontrando las metodologías que más adecuadamente permitan cumplir con tales definiciones (Iguiñiz, 2007).

Refiere Sánchez, (2003), que el asunto del establecimiento y manejo del arbolado urbano hay que verlo desde su vertiente económica; así, una plantación mal realizada, a la larga costará más, con toda seguridad, que si se planifica y se lleva a cabo adecuadamente. Por ejemplo, si se plantan árboles a los que no hay que podar o, a lo sumo, hay que realizarles alguna poda de mantenimiento cada 3-4 años, ello costará menos que si se plantan árboles que habrá que podar todos los años por molestar a las fachadas de las viviendas. A pesar de que esto resulta tan evidente, son muy comunes los casos en que se obstinan por plantar especies no adecuadas y con un costo de mantenimiento más elevado.

### **2.3- Aspectos a tener en cuenta para el establecimiento del arbolado urbano**

La elección de la especie.

La selección de especies arbóreas en áreas urbanas demanda la integración de criterios respecto de las funciones a cumplir por el árbol, considerando el sitio de plantación y las características del árbol. Esto permite maximizar los beneficios y minimizar los costos asociados al manejo de los ejemplares y de los posibles daños que puedan provocar estos al entorno (Sepúlveda, 2005).

Además de los criterios generales se deben considerar algunos atributos ambientales, funcionales, espaciales o de morfología propios de las especies a ser plantadas para lograr los objetivos de la arborización. (García, 2010).

Agua disponible

Es la variable más importante a tener en cuenta desde el punto de vista de la oferta ambiental para el adecuado desarrollo de las especies de árboles en el medio urbano; por

ésta razón dentro de la misma ciudad puede plantearse una zonificación que determine la aptitud de cada especie recomendada a una determinada zona, teniendo en cuenta las precipitaciones, nivel freático y la humedad relativa el aire.

En este sentido, existen árboles perennifolios, que mantienen su follaje a lo largo de todo el año, renovándolo poco a poco de manera casi imperceptible, también están los caducifolios, que pierden sus hojas llegado el otoño, renovándolas en la primavera siguiente, muchas veces, la presencia de un gran número de hojas muertas en el suelo, resulta molesto y en ocasiones hasta puede convertirse en un inconveniente para el normal desarrollo de las actividades sociales en una ciudad. Por otro lado, existen especies que producen frutos que manchan el suelo, como, por ejemplo, las del género *Morus*, otros son tóxicos (especies del género *Melia*) o desprenden numerosas semillas que son molestas (ej. *Platanus*). Existen especies con floraciones llamativas, como algunas del género *Jacaranda* o bien de agradable aroma, como las de *Citrus*. En ocasiones, el polen suele producir alergias, como es el caso de algunas especies del género *Olea* y ciertas especies arbóreas son frágiles y de vida corta, con madera blanda y quebradiza como las Albizias (Beytía *et al.*, 2012).

Para diferenciar los diferentes individuos vegetales dentro de las áreas urbanas se asumen los siguientes criterios propuestos por García, *et al.*, (2010):

Especie nativa: Aquella especie vegetal cuya ubicación actual corresponde con su región geográfica y zona de vida de origen.

Especie exótica: Aquella especie vegetal introducida desde otra región geográfica o zona de vida, dentro o fuera del territorio nacional.

Especie naturalizada: Aquella especie exótica adaptada a las condiciones de una región geográfica determinada, hasta el punto de reproducirse efectivamente.

Distancia de Siembra

Es relativa a su tamaño y forma definitiva, para definirla se debe considerar el desarrollo que alcanzará el ejemplar cuando sea adulto, razón por la cual no existe una recomendación única. “Los árboles de sombra no deben plantarse a menos de 10 metros

entre ellos, mientras en los arbustos debe existir una separación de 5 metros”. (García, J.H., et al. 2010, p 47).

Como referencia inicial, García, J.H., et al. (2010) “Recomiendan que la distancia entre árboles grandes debe ser no menor que la altura máxima esperada, mientras la distancia del árbol a una residencia debe ser al menos de la mitad de su altura máxima esperada.

No es solamente la relación que establece entre el árbol y la infraestructura circundante, lo que se debe tener en cuenta para elegir la especie a plantar, es muy importante también considerar otros aspectos que tienen una mayor connotación en el ámbito social y es la relación árbol-ser humano (Alvarado *et al.*, 2014).

Lo ideal sería seleccionar especies cuyo porte natural, con las intervenciones mínimas, no entre en conflicto con las edificaciones colindantes. Esto es muchas veces difícil de resolver, ya que en la mayoría de las ocasiones, se desea que los árboles plantados proporcionen sombra, y bajo este principio se comete el error de plantarlos en aceras de menos de 2 m de ancho, lo que lleva consigo la necesidad de podas drásticas anuales y la intervención continua ante las quejas de vecinos, cuyas viviendas quedan a la altura de las copas de los árboles, o de comerciantes, que ven como la visión de sus estantes y anuncios, por los que deben pagar impuestos, queda totalmente o en parte anulada por el ramaje de dichos árboles (López, 2008).

Si se desea que un árbol “muestre figura” rápidamente, se deben escoger especies de rápido desarrollo, las cuales alcanzan su talla definitiva entre los 5 y 15 años, sin embargo, éstas demandan gran cantidad de nutrientes y agua, pudiendo generar alteraciones en torno a los sitios donde han sido plantados.

Conocer estas características, es útil para evitar colocar especies inadecuadas en espacios delicados como por ejemplo círculos y parques infantiles (Alvarado *et al.*, 2014).

Según Hoyuela 2010, en la medida en la que el sistema radicular pueda alcanzar mejor desarrollo, el individuo vegetal, ya sea hierba, arbusto o árbol, será armónico y equilibrado. Este sistema es uno de los que dentro del arbolado urbano se ve más afectado, ya que por lo general muchos de los individuos vegetales han sido plantados sin mayor planeación y sin tener en cuenta el tamaño que alcanzarían cuando adultos, es por esta

razón que es muy común encontrar árboles grandes en separadores de avenidas muy reducidos, en aceras pequeñas, cerca de infraestructuras, o en alcorques o materas cuyo tamaño no es el adecuado, lo cual genera ruptura de pavimentos, de andenes, levantamiento de pisos, hendiduras en las vías, entre otros.

Este aspecto está íntimamente relacionado con las características físico-químicas del suelo (textura, estructura, profundidad, humedad, nutrientes) las que, en definitiva, marcarán las pautas del crecimiento del sistema radical de la planta (Fernández y Vargas, 2011).

Refieren Benavides y Fernández, (2012), que el control de la densidad es muy importante, ya que influye en el crecimiento de los árboles. En los rodales coetáneos la competencia por la luz, la humedad y los nutrientes depende en gran medida de la densidad de los árboles en ese sitio. Muchos estudios han confirmado que existe una relación estrecha entre el tamaño de los individuos y su número por unidad de superficie en diferentes situaciones competitivas y es independiente de la edad y de la calidad del sitio, lo cual ofrece una base de la cual se desprende el conocimiento de las interacciones competitivas entre los individuos de una población.

### Identidad

Todo individuo (especie) que conforme o se desee ingresar a la flora urbana de la ciudad debe tener una ficha técnica que permita evaluar su biología propia. Una vez dentro del Sistema de Información Geográfico - SIG, se le debe asignar un referente de numeración a cada individuo presente en el área, la cual contendrá una conexión con la información básica de cada individuo:

- Taxonomía: Sistema de clasificación empleado, familia, género y especie (y de existir cultivariedad o infraespecíficos).
- Fotografía: Imágenes del individuo completo, y detalles de cada una de sus partes.
- Descripción: Descripción escrita del individuo
- Datos de fenología: Relacionando tiempos y periodos de floración, fructificación y de presentarse, periodos de defoliación.

- Zona de vida: Se debe mencionar el sistema de clasificación de los ecosistemas y el nivel de evaluación de las características de la zona de la cual es originaria la especie.
- Plagas: Definición de las principales plagas que afectan a la especie y de ser posible los sistemas empleados para combatirlas.
- Antecedentes: Del empleo de la especie en otras áreas urbanas.
- Función: ¿Cuál es la función propuesta para la especie dentro del medio urbano?
- Edafología: Descripción de las condiciones de suelo necesarias para el buen desarrollo de la especie.
- Climatología: ¿Cuáles son los condicionantes climáticos para el desarrollo de la especie? Bajo el Nombre de clima se agrupan un conjunto de factores que ejercen una influencia determinante para el buen desarrollo de las diferentes especies vegetales, se evalúan principalmente temperatura y pluviosidad, dado que datos como las horas de insolación y circulación de vientos son más difíciles de calcular y de hacer seguimiento
- El rango altitudinal: la altitud es otro de los factores preponderantes en la selección de especies dado que existe una relación medianamente confiable entre la altitud y la temperatura atmosférica.
- Restricciones: algunas especies generan espinas, frutos o exudados tóxicos, o frutos de gran tamaño que generarían riesgos potenciales a la comunidad circundante, motivo por el cual deben ser restringidas o manejadas con mucho cuidado en zonas alejadas.

Si no se conocen bien estos aspectos de la fisiología de las especies a utilizar, las posibilidades de fracaso de la plantación serán grandes. El hecho de tenerlos en cuenta, ofrece varias posibilidades, que pueden ir desde desechar definitivamente ciertas especies por resultar su cultivo del todo imposible en la zona donde se quiere efectuar la plantación, hasta mitigar los inconvenientes realizando labores de enmiendas al suelo, fertilización intensiva, riegos asegurados, protección frente a corrientes de aire o frente a la radiación solar intensa, entre otras (Taylor, 2012).

El tipo de suelo.

Si se desea tener árboles sanos, bien formados, desarrollados y perfectamente anclados para que soporten la acción del viento, es precisamente el suelo lo que se tiene que cuidar con mayor esmero. En el suelo se desarrollará el aparato radicular del árbol, y su copa será un fiel reflejo de sus raíces. Si el árbol dispone de suelo suficiente y de una calidad media aceptable para poder extender sus raíces y absorber el agua y los nutrientes minerales que necesita para su normal desarrollo, en principio, y al margen de otras salvedades, hay garantías para pensar que se tendrá éxito, y los gastos de mantenimiento serán menores con toda seguridad (Scharenbroch y Catania, 2012).

No se puede olvidar que, en la mayoría de los casos, los suelos urbanos están muy transformados y degradados por la acción del hombre. En multitud de ocasiones con gran cantidad de materiales transportados, escombros, basura; y otros elementos que contribuyen a su empobrecimiento, a veces con exceso de cal y muy compactados. A lo cual se suma el hecho de que, en muchos de estos suelos proliferan todo tipo de conducciones: gas, agua, electricidad y teléfono (Fernández y Vargas, 2011).

Los tratamientos silvícolas y fitosanitarios.

Los árboles de las ciudades están sometidos a la acción de factores abióticos (clima, suelo), a la presión humana (asfaltos, construcciones, polución) y también al ataque de plagas y enfermedades, algunas de ellas características de ciertas especies. Esto establece la necesidad de realizar periódicamente visitas de inspección para detectar la aparición de las mismas, su identificación y la importancia de éstas. En el momento en que la plaga y/o enfermedad tenga una incidencia que supere ciertos límites establecidos, se procederá a los tratamientos químicos necesarios con los productos y dosis adecuadas, aunque hay que tomar conciencia del abuso actual de pesticidas y sus consecuencias, debiéndose potenciar el empleo de medidas preventivas y de lucha biológica (Perdomo y Díaz, 2015).

En cuanto a las intervenciones silviculturales más frecuentes en el arbolado urbano, las más frecuentes son las podas. En ocasiones en que hay que recurrir a esta intervención porque hay ramas que ofrecen peligro para las personas o bienes, o cuando es necesario rejuvenecer un árbol viejo. En otras ocasiones, las dimensiones de multitud de vías urbanas no ofrecen el espacio suficiente para el total desarrollo de algunas especies, por

tanto, cada 3-4 años hay que realizar podas que rebajen y uniformicen un poco las copas de los árboles plantados, pero eso no puede implicar nunca un desmoche o un terciado, tipos de poda que se realizan, sin remedio y año tras año, en muchas de las alineaciones de las ciudades al no haberse seleccionado en su momento las especies adecuadas (López , 2008).

### 2.3.1- Clasificación del arbolado urbano de acuerdo con el tipo de emplazamiento

La clasificación que realizaron Ferro *et al.*, (2011), es la siguiente:

Bosquete: conjunto denso de árboles de una o varias especies plantados en una superficie mayor de 2 ha.

Bosquecillo: conjunto poco denso de árboles de una o varias especies plantados en una superficie entre 0,5 y 1 ha.

Arboleda: conjunto poco denso de árboles de una o varias especies plantados en una superficie menor de 0,5 ha.

Grupo de árboles: conjunto de plantas arbóreas de pocos individuos y poca extensión, plantados aislados o formando parte de composiciones con otros tipos de plantaciones.

Aislados: individuo arbóreo aislado plantado como punto focal a partir de sus relevantes cualidades formales.

Alineación o hileras: plantación simple de árboles a lo largo de una línea generalmente recta para marcar una dirección o proyectar sombra.

Seto podado: plantaciones alineadas simples o a tres bolillos de algunas especies de árboles de hojas pequeñas que, sometidos desde jóvenes a intensas podas, logran conformar una barrera vegetal de poca altura, semejante a la que logra con arbustos.

Parterres: término derivado del francés, que significa a ras de tierra; utilizado para identificar la franja de tierra que regularmente separa la superficie pavimentada de la acera del pavimento de la calle.

Separador: superficie de separación entre sendas de circulación vehicular, que sirve de refugio temporal a los peatones en los puntos indicados para cruzar la vía.



## **2.4- Importancia de los estudios de composición y diversidad del arbolado urbano**

El manejo de cualquier recurso necesita iniciar con el inventario del mismo (Miller 1997). Con este propósito, se analizaron las especies de árboles presentes en infraestructuras del espacio público urbano, lo cual se constituye en la línea base para su manejo, gestión y ordenamiento. El inventario puede considerarse como “el conjunto de procedimientos aplicados para determinar el estado actual de un bosque” (Wabo 2003), en este caso en particular de la oferta arbórea, con énfasis en su identificación, cuantificación y localización, valorando su distribución, abundancia y diversidad en las comunas de la ciudad mediante herramientas tecnológicas.

Los Sistema de Información Geográfica – SIG, han sido reconocidos como una herramienta útil en el manejo de recursos naturales, planificación de usos del suelo, planificación ambiental y forestal. La implementación de inventarios forestales, es esencial para el manejo silvicultural urbano (Wood 1999).

Según García, (2008), para poder realizar, por ejemplo, un programa de prevención y seguimiento de la evolución de las posibles plagas y enfermedades que atacan al arbolado urbano, y así poder planificar la realización de tratamientos químicos periódicos que garanticen su sanidad, es muy importante contar con este inventario.

De igual manera, refiere Zamudio, (2001) que, el levantamiento del inventario del arbolado urbano permite identificar una serie de aspectos de importancia en el manejo. Por un lado, el tipo de propiedad define responsabilidades, así como las posibilidades de nivel de manejo del arbolado y el grado de participación se deriva de esta información.

Para Palomino, (2015), los inventarios ofrecen un marco de referencia para el manejo del arbolado urbano que facilita su labor a los correspondientes responsables de su mantenimiento y mejora, su gestión económica, su divulgación ciudadana, etc. Puesto que el arbolado es un elemento urbano que evoluciona en el tiempo más rápidamente que cualquier otro (por el mero hecho de estar vivo y crecer), esto exige una mayor constancia en su mantenimiento y un ejercicio de previsión de posibles carencias y conflictos. Por tanto, estos tipos de estudios no sólo contribuyen a describir el estado actual del arbolado urbano, sino también orientar acerca de decisiones futuras.

El conocimiento de la estructura, conformación, distribución y desarrollo de las masas arboladas es importante, pues ayuda a clasificar y entender la influencia de los procesos que se han presentado en las mismas (Benavides y Fernández, 2012). Para llevar a cabo lo anterior, se necesita definir la composición de especies, densidad de los árboles, estratos presentes e incluso la estimación del crecimiento potencial en las localidades donde crecen. Según Aguirre, (2002), el primer paso en la evaluación de una comunidad arbórea es su descripción cualitativa, la cual es muy valiosa e informativa, pero es básicamente subjetiva y por lo mismo está sujeta a las habilidades y sesgo del observador. Con el fin de evitar esta situación, la caracterización de la estructura del estrato arbóreo debe basarse en índices cuantitativos que permitan analizar objetivamente las influencias antropogénicas que se ejercen o los procesos de sucesión natural que ocurren en los ecosistemas forestales.

La caracterización de la estructura es una condicionante básica para tomar decisiones sobre el manejo de los recursos forestales, tanto en localidades bajo aprovechamiento o uso, como en áreas naturales protegidas (Corral *et al.*, 2005). El bosque urbano, al igual que las masas forestales, requiere del conocimiento de sus características, composición, densidad, estado físico y estado sanitario, con el fin de determinar su situación y las acciones de mantenimiento necesarias, así como programar y presupuestar los recursos financieros, humanos y materiales que se requieren para su conservación, mejoramiento y en caso de ser posible, fundamentar su manejo (Benavides y Fernández, 2012).

Por su parte, los estudios de diversidad Existen referencias que describen la diversidad, composición y estado del arbolado urbano en diferentes partes (Maldonado *et al.*, 2019; Ortíz y Luna, 2019; Cañizales, *et al.*, 2020; Moussa *et al.*, 2020). En Venezuela, Vilorio y Gámez, (2017), han realizado estudios de especies y familias presentes en la ciudad de Mérida con la finalidad de crear propuestas para el ordenamiento de áreas verdes y su arborización.

## **2.5- Principales situaciones de riesgo y conflictividad del arbolado urbano**

La calidad de vida en las ciudades modernas está asociada a la cantidad y la calidad de sus zonas verdes y arborización en general; sin embargo, en ocasiones, la mala selección, el mal desarrollo y la inadecuada ubicación de determinadas especies se convierten en

una fuente de riesgo o peligro para los habitantes y la infraestructura urbana, llegando a representar altos costos para su control o incluso cobrando vidas humanas o el daño de vehículos y viviendas (A.M., 2015).

Las áreas urbanas abarcan una gran diversidad de hábitats (parques; calles; rincones abandonados) en los cuales los árboles producen, además de servicios, variedad de problemas (Ruiz y Botero 2004) debido al vertiginoso crecimiento de las ciudades, la falta de desarrollo normativo y la ausencia de un programa integrado para el manejo del arbolado urbano que permita efectuar un adecuado mantenimiento de los árboles existentes y una planificación de la nueva arborización; esto configura las circunstancias por las cuales actualmente nuestras urbes tienen una arborización madura, con un alto porcentaje de presencia de especies foráneas, con lugares de emplazamiento inadecuados, densidades excesivas y bajo vigor, lo que sumado a su precario estado físico y sanitario representa para la ciudadanía alto riesgo para su propia integridad y la de sus bienes (Tovar 2007).

Por lo anterior, en el establecimiento de especies arbóreas en áreas urbanas se debe tener presente que no hay árboles malos ni dañinos, como algunos los denominan, sino mal ubicados o mal utilizados (Varón, *et al.*, 2002)

Cuando no se plantan las especies indicadas en una determinada área, evidentemente los árboles no contribuyen al verdadero confort que se desea en las ciudades. Los problemas asociados a la planificación, manejo y gestión del arbolado urbano hay que analizarlos desde dos puntos de vista:

- Problemas que son provocados por los árboles.
- Problemas que se les provoca a los árboles.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1- Ubicación y generalidades del estudio

Las áreas seleccionadas para el estudio correspondieron a las que ocupan el Docente II y los Centros Universitarios Municipales (CUM) pertenecientes a la UNISS. En la Tabla 1 se presenta información sobre la ubicación y tamaño de cada área y en el Anexo 1 se muestran fotos satelitales de las mismas.

Tabla 1. Ubicación geográfica y área total de las zonas de estudio

Lugar	Ubicación	Área Total (ha)
Docente II	21.92° 80' 95"N-79.43° 01' 35"W	1,32
CUM Jatibonico	21°56'06.2232"N-79°09'57.348"W	1,028
CUM Taguasco	21°59'44.1456"N-79°21'56.8368"W	-
CUM La Sierpe		-
CUM Fomento	74116.740 m 1980699.277 m 82.918 m	-
CUM Cabaiguán	50.98° 3.162' N 19°83'868.477 m 105.755 m	-
CUM Yaguajay	22°34'18.62"N-79°22'10.63"W	-
CUM Trinidad	21°80'02.03"N-79°98'98.59"W	-

Fuente: elaboración propia

Todas las áreas de estudio se clasifican como áreas verdes de uso común según la NC 53-05:78 *Áreas verdes* (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente [CITMA], 1978).

### **3.2- Procedimiento para el inventario de especies y conteo de ejemplares**

Se realizaron recorridos en forma de polígonos o parcelas, en los que se partió de un punto, denominado “punto cero” y se avanzó de manera concéntrica, de izquierda a derecha, primeramente, por todo el perímetro del área y luego hacia el interior. Mediante inspección visual directa se identificaron y contabilizaron los ejemplares de porte arbóreo, arbustivo y estipitados, de las cuales se registró el nombre vulgar. A las especies no conocidas por el autor se les tomaron fotos y muestras de diferentes estructuras vegetales para consultas en los herbarios y con especialistas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

### **3.3- Procedimientos para la clasificación de las especies y ejemplares en las áreas de estudio**

Para la clasificación taxonómica, origen, permanencia del follaje y función principal de las especies se consultó la bibliografía especializada Sablón (1987), Bisse (1988) y Acevedo y Strong (2012), García, *et al.*, (2004) y enciclopedias *online*.

- Taxonomía (hasta el nivel especie)
- Origen: se refiere al origen biogeográfico, en virtud del cual las especies pueden considerarse nativas o autóctonas (aquellas que crecen en la misma región de donde son originarias) y exóticas o alóctonas (son aquellas que crecen fuera de su sitio de distribución original).
- Permanencia del follaje: se refiere a la caída o no de las hojas en determinados períodos. Así las especies perennifolias son aquellas que mantienen estas estructuras durante todo el año, mientras que las caducifolias son aquellas que pierden las hojas al llegar una determinada estación del año (generalmente otoño, aunque también puede ocurrir en épocas de falta de agua).
- Función principal: se refiere a la función que desempeña la especie de acuerdo con su morfofisiología, que condiciona el aprovechamiento que se realiza de ella (maderables, ornamentales, frutales). A pesar de que muchas especies pueden presentar más de una función, como por ejemplo maderable-frutal, maderable-medicinal etc., para este trabajo se tuvo en cuenta solamente la principal.

Para la clasificación en cuanto al estado de desarrollo, el estado físico y sanitario, las necesidades de intervenciones silviculturales y las situaciones de riesgo (conflictividad) de los ejemplares, se utilizó el método de inspección visual directa.

- Estado de desarrollo: se refiere a la clasificación que se realiza a los ejemplares de porte arbóreo de acuerdo a las clases de edades, donde generalmente se tiene en cuenta los rangos de diámetro de las plantas. De esta manera, se consideran las siguientes categorías (Álvarez y Varona, 1988):

Diseminado: diámetro no medible, plantas con alturas inferiores a 1,5 m

Brinzal: diámetro menor de 10 cm, alturas entre 1 y 5 m

Latizal: diámetro entre 10 y 30 cm

Fustal: diámetro de más de 31 cm (las plantas con diámetros superiores a los 50 cm se consideran en estado de fustal alto o maduro).

- Estado físico: se refiere a las características que presentan los ejemplares en su constitución física y abarca la evaluación de la presencia de fustes inclinados, oquedades, bifurcaciones y daños mecánicos.

- Estado sanitario: se refiere a la presencia de afectaciones causadas por plagas.

- Necesidades de intervenciones silviculturales: se refiere a la identificación del tipo de atención que necesitan los ejemplares de acuerdo con su estado físico, sanitario y situación de riesgo. Así, estas necesidades pueden ser podas parciales (de ramas), podas severas, eliminación y/o sustitución, todas ellas están establecidas en las Normas Cubanas para la atención del arbolado urbano.

- Situaciones de riesgo (conflictividad): se refiere a aquellas amenazas o vulnerabilidades que pueden terminar en un evento de gravedad (Amézquita y Gavilán, 2020).

El tipo de emplazamiento se determinó atendiendo a los criterios de Ferro et al., (2011).

A los ejemplares maderables que por cualquier causa necesitan la sustitución como criterio de intervención silvicultural (manejo), se les midió la altura total y el diámetro (DAP) para la estimación del volumen de madera a obtener, mediante la expresión matemática 1:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot f \quad (1)$$

Donde:

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

d= Diámetro a 1,30m (m)

h= Altura total (m)

f= Coeficiente mórfico

### 3.4- Procedimientos para la evaluación de la diversidad del arbolado en las áreas de estudio

Se determinó la Abundancia relativa de especies en las distintas áreas, mediante la expresión matemática 2.

$$Ar = \frac{\text{Número de ejemplares por especie}}{\text{Número total de ejemplares}} \times 100 \quad (2)$$

Los índices de diversidad se determinaron separadamente para cada área de estudio, el índice de riqueza específica representó el número total de especies en las áreas, mientras que el resto de los índices se determinaron mediante el software Biodiversity Pro ver. 2 (1997).

- Índice de diversidad de Shannon (H'). Se basa en la riqueza proporcional de especies. Este índice oscila entre 1,5 y 3,4 y rara vez sobrepasa 4,5. Cuanto más elevado es el valor de este índice, mayor es la diversidad de la comunidad.

- Índice de Equitatividad de Shannon (E). Está basado en la abundancia proporcional de especies. Los valores obtenidos con este índice se encuentran entre 0 y 1, donde el valor máximo (1) representa una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes.

- Índice de Margalef (DMg). Es un índice de riqueza de especies, que mediante logaritmos neperianos permite calcular la riqueza de un área de manera sencilla. Los valores de este

índice aumentan a medida que el número de especies crece y varían desde 0 hasta infinito.

- Índice de Berger-Parker (d). Es una medida de la dominancia y expresa la importancia proporcional de la especie más abundante, su valor varía entre 0 y 1. Este último valor representa el caso de dominancia absoluta de una sola especie. El recíproco de este índice ( $1/d$ ) expresa que un incremento en su valor acompaña un incremento en la diversidad y una reducción en la dominancia.

### **3.5- Análisis estadístico**

Los datos cuantitativos fueron sometidos a la prueba de normalidad OJO y las pruebas estadísticas aplicadas fueron las no paramétricas Kruskal Wallis y la de Mann-Whitney.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1- Inventario y conteo de los ejemplares presentes en las áreas de estudio

Se registraron un total de 142 ejemplares de porte arbóreo, arbustivo y estipitados (Tabla 2). La mayoría de estos ejemplares se concentran en el Docente II (91) y en el CUM de Jatibonico (51), para una densidad de 68,93 y 49,61 árboles. ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Los CUM de Cabaiguán, Yaguajay y Trinidad no presentan ejemplares dentro de sus límites físicos, ni tienen espacios donde se puedan colocar en el futuro.

Los CUM de Fomento y Taguasco presentan muy pocos ejemplares de la especie estipitada *Adonidia merrilli* (3 y 1 respectivamente), mientras que el de La Sierpe presenta en su área tres ejemplares: dos de *Annona cherimolla* y uno de *Hibiscus elatus* Sw., esta última se encuentra en proceso de eliminación por alta conflictividad con la infraestructura.

Debido a estos resultados, el resto del estudio se desarrolló solamente en las áreas del Docente II y el CUM de Jatibonico.

Tabla 2. Inventario de especies en las áreas de estudio

Familia	Especies (Nombre científico)	No. de ejemplar.	Origen	Permanen. del follaje	Función principal
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	Au	Peren	Frut
	<i>Manguifera indica</i> L.	2	Au	Peren	Frut
	<i>Adonidia merrilli</i> (Becc.) Becc.	57	Al	-	Orn
	<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	29	Al	-	Orn
<b>Arecaceae</b>	<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien.	8	Al	-	Orn
	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook.	1	Au	-	Orn
	<i>Cocos nucifera</i> L.	4	Au	-	Frut

<b>Bignoniaceae</b>	<i>Parmentiera aculeata</i> Kunth.	2	Au	Peren	Mad
<b>Combretaceae</b>	<i>Terminalia cattapa</i> L.	7	Au	Caduc	Orn
<b>Fabaceae</b>	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1	Al	Peren	Mad
<b>Lauraceae</b>	<i>Persea americana</i> Mill.	4	Au	Caduc	Frut
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus benjamina</i> L.	14	Al	Peren	Orn
	<i>Ficus critifolia</i> Mill.	1	Al	Peren	Orn
<b>Myrtaceae</b>	<i>Psidium guava</i> L.	4	Au	Peren	Frut
<b>Rutaceae</b>	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	3	Au	Peren	Frut
<b>Sapotaceae</b>	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E.Moore & Stearn	1	Au	Caduc	Frut

Fuente: elaboración propia

Leyenda: Au= Autóctona, Al= Alóctona, Peren= Perennifolia, Caduc= Caducifolia, Frut= Frutal, Orn= Ornamental, Mad= Maderable

En estudios similares desarrollados por diferentes autores en áreas con similar objeto social, o sea, instituciones de educación superior, se ha obtenido variabilidad en cuanto al número de individuos, así por ejemplo, en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de México se identificaron más de 16 mil ejemplares arbóreos (Olalde, 2006); por su parte, Alanís *et al.*, (2014) identificaron 166 ejemplares en un campus (Facultad de Ciencias Forestales) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México; en tanto que Duval y Benedetti (2017) en la Universidad Nacional del Sur, Argentina, contabilizaron 193 individuos de porte arbóreo, en un estudio más reciente, Fuentes, *et al.*, (2022) identificaron un total de 272 ejemplares arbóreos, arbustivos y palmiformes (estipitados) en la Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile.

## 4.2- Composición del arbolado urbano en las áreas de estudio

### 4.2.1- Taxonomía: familias mejor representadas

Como se aprecia en la Tabla 2, el número de especies identificadas fue de 16, agrupadas en 15 géneros y 10 familias.

En las áreas por separado se identificaron 11 especies, 11 géneros y 8 familias en el Docente II, mientras que en el CUM de Jatibonico se constató la presencia de 7 especies e igual número de géneros agrupadas en 6 familias (Tabla 3). Como aspecto coincidente se puede plantear que en ambos casos la familia representada con un mayor número de ejemplares fue la *Arecaceae* (Figuras 1 y 2).

Tabla 3. Composición del arbolado urbano en las áreas de estudio

Área de Estudio	Especies	Géneros	Familias
Docente II	11	11	8
CUM Jatibonico	7	7	6

Fuente: elaboración propia

Entre las familias representadas por más de una especie se encuentra *Arecaceae* con cuatro en el Docente II (*Adonidia merrilli*, *Dypsis lutescens*, *Phoenix roebelenii* y *Roystonea regia*). En el CUM de Jatibonico esta familia está representada por dos especies (*Adonidia merrilli* y *Cocos nucifera*). En el Anexo 3 se presentan imágenes de estas especies.

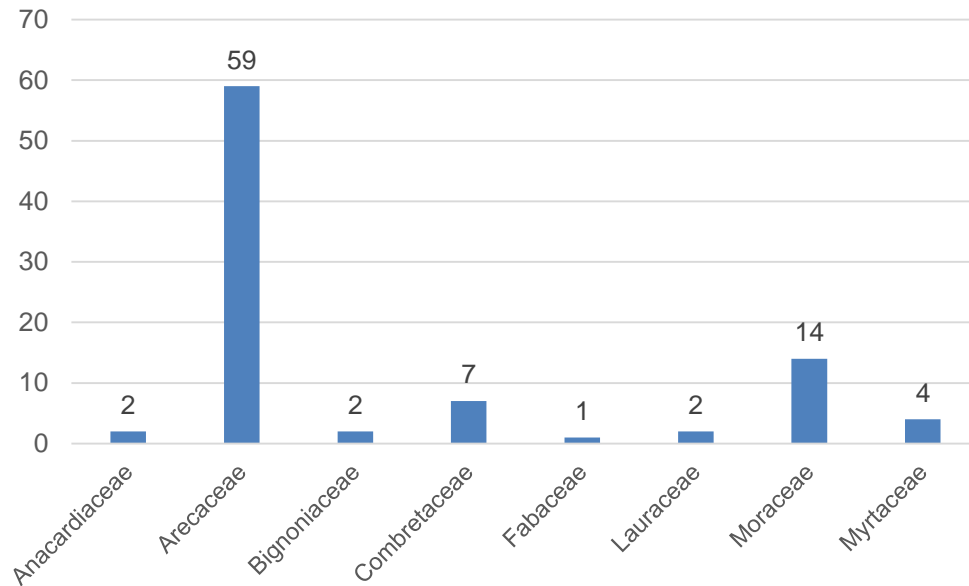


Figura 1. Familias representadas por un mayor número de ejemplares en el Docente II

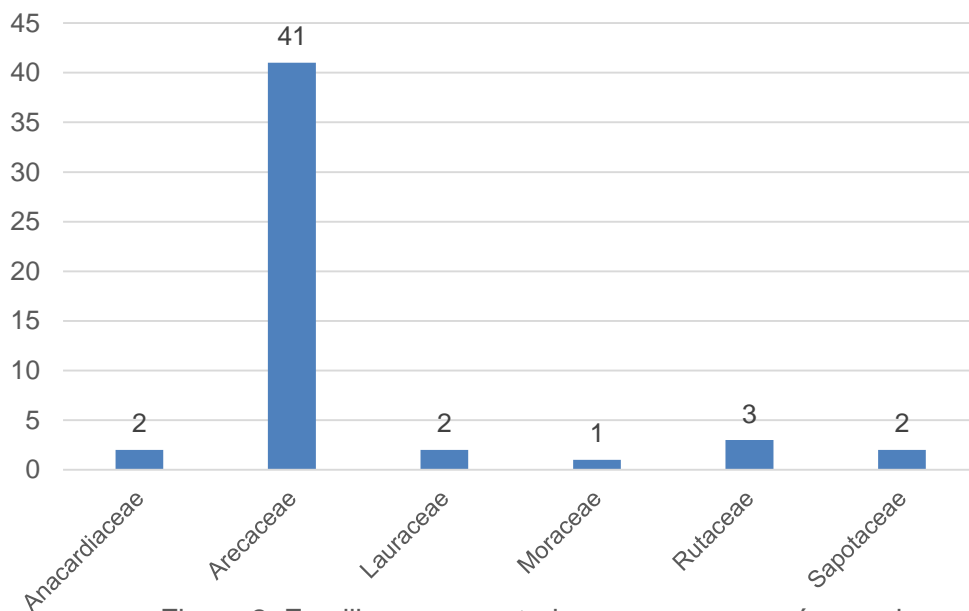


Figura 2. Familias representadas por un mayor número de ejemplares en el CUM Jatibonico

Los resultados de este estudio difieren de los realizados en otras instituciones de educación superior a nivel internacional, ya que, en Universidad Nacional Autónoma de México, la familia representada por un mayor número de especies fue *Oleaceae* (Olalde, 2006), en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León,

México, fue *Fabaceae* (Alanís *et al.*, 2014), al igual que en la Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile (Fuentes, *et al.*, 2022).

Con respecto al hábito de crecimiento, en ambas áreas predominan las especies arbóreas seguidas por las estipitadas y arbustivas por ese orden (Fig. 3 ay b).

Alanís *et al.*, (2014) y Fuentes, *et al.*, (2022), reportaron un resultado similar para la Universidad Autónoma de Nuevo León, México y la Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile respectivamente.



Figura 3a). Número de especies presentes en el Docente II por hábito de crecimiento



Figura 3b). Número de especies presentes en el CUM Jatibonico por hábito de crecimiento

#### 4.2.2- Origen, función principal y permanencia del follaje en las arbóreas

En términos generales se constató un predominio de especies autóctonas (considerando algunas naturalizadas) (10) y 6 alóctonas.

El comportamiento en las áreas de manera independiente reveló que en el Docente II un 54,5% de las especies son autóctonas y en el CUM Jatibonico un 71,4%.

Este resultado es importante, ya que lo más recurrente en la planificación y manejo del arbolado urbano en muchas áreas tanto a nivel nacional como internacional ha sido el uso de especies alóctonas, debido fundamentalmente con el mayor volumen de información que existe sobre el manejo y propagación de estas especies, así como la plasticidad de muchas de ellas que se pueden adaptar fácilmente a diversas condiciones edafoclimáticas y rápido crecimiento.

Aunque autores como Galindo y Victoria, (2012), refieren que en los ambientes urbanos no es indispensable privilegiar a las especies autóctonas, ya que, al ser un medio artificial, las especies alóctonas no corren el riesgo de desplazar a la flora nativa, ni de reproducirse; son muchos los autores que destacan la importancia del uso de las especies nativas conocidas dado que se adaptan a ambientes pocos favorables y contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad (Dalmasso, 2003).

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Alanís *et al.*, (2014), quienes encontraron que más del 50% del arbolado de la Facultad de Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, se encuentra conformado por especies nativas.

Difieren con los de Duval y Benedetti (2017) y Fuentes, *et al.*, (2022 en la Universidad Nacional del Sur, Argentina y la Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile respectivamente.

La clasificación de las especies de acuerdo con la función principal mostró un equilibrio entre las frutales (7) y las ornamentales (7), las otras dos especies son maderables. Este resultado es muy importante, ya que la regularidad en los espacios urbanos cubanos es el establecimiento de un número muy reducido de especies frutales.

Entre las áreas de estudio por separado, este resultado difiere, ya que en el Docente II se identificó un mayor número de especies ornamentales (5), seguidas por las maderables y frutales con tres especies respectivamente. En el CUM de Jatibonico existe un predominio de los frutales (5) y dos especies son ornamentales.

Si bien el impacto de las plantaciones urbanas está dado principalmente por su función medioambiental y sociocultural, como purificadoras del aire (retención de carbono), protección contra la contaminación sonora, barreras rompevientos, recreación etc.; en los últimos años se potencia el establecimiento de frutales en los espacios verdes urbanos, ya que, según FAO, (2017), estas especies juegan un rol importante en la soberanía y seguridad alimentaria. Los bosques urbanos pueden ser fuentes de alimentos altamente nutritivos, ya que los árboles que forman parte de ellos ofrecen centenares de productos alimentarios (p.ej., frutas, semillas, hojas y bayas) y de aditivos para alimentos (p.ej., para sorbetes y goma de mascar) y son fuentes de forraje (p.ej., hojas, brotes, retoños de las plantas y semillas) para la crianza de animales. La presencia de especies frutales en las áreas urbanas puede combinar varias funciones tales como el embellecimiento, el sombreado y la producción de frutos nutritivos comestibles; por tal razón y, teniendo en cuenta que estas plantaciones no se establecen con fines de aprovechamiento desde el punto de vista maderero, este tipo de especies debe incrementarse.

Entre las especies de porte arbóreo, predominan las perennifolias, aunque en el Docente II se constata equilibrio entre estas y las caducifolias.

Algunas especies pierden su follaje (hojas) generalmente durante la época seca, en lo que constituye una respuesta fisiológica de la planta para minimizar las pérdidas de agua por concepto de transpiración y, de esta forma, mantener un equilibrio con lo que se absorbe. Para la Silvicultura Urbana es importante tener en cuenta este aspecto, ya que los árboles con estas características no deben emplazarse en lugares donde su función sea ofrecer sombra y tampoco en áreas donde exista una gran circulación peatonal, pues una excesiva caída de hojas y flores puede convertirse en un riesgo para los transeúntes.

No obstante, Ferro *et al.*, (2011), plantean que las especies perennifolias son mejor para la silvicultura urbana que las caducifolias.

#### 4.2.3- Estado de desarrollo en los ejemplares arbóreos, estado físico y sanitario, tipo de emplazamiento

En el Docente II todos los ejemplares arbóreos contabilizados se encuentran en estado fustal, en el caso de la especie *Ficus benjamina*, todos los ejemplares están podados formando un seto. En el CUM de Jatibonico igualmente todos están en estado fustal, excepto un ejemplar de la especie *Persea americana*, que se encuentra en estado latizal.

En ambas áreas la mayoría de los ejemplares presentan un buen estado físico. En el Docente II de las siete almendras (*Terminalia cattapa*), cuatro presentan daño mecánico por incisión vascular (anillado), y el ejemplar de *Leucaena leucocephala* presenta daños mecánicos provocados por efectos naturales (viento).

Por su parte, en el CUM de Jatibonico el ejemplar de Jagüey (*Ficus citrifolia*) presenta daños mecánicos ocasionados por quemaduras.

Estos resultados coinciden con los de Sosa *et al.*, (2011) en la ciudad de Guisa, provincia Granma. Mientras que Guerra *et al.*, (2010) en áreas de la ciudad de Pinar del Río, constataron como daños más frecuentes, los mecánicos a la corteza.

En cuanto al estado sanitario no se constataron afectaciones por plagas en ninguno de los ejemplares.



En relación al tipo de emplazamiento, se constató que en ambas áreas predominan los árboles aislados, seguidos por los árboles en grupo y en hileras; solo en el Docente II se observó un seto podado formado por la especie *Ficus benjamina*.

#### 4.3- Situaciones de riesgo (conflictividad) y necesidades de atenciones culturales

El tipo de conflictividad predominante en las áreas de estudio es la cercanía y afectación a infraestructuras; en el Docente II un ejemplar de *Ficus benjamina*, y en el CUM de Jatibonico un ejemplar de *Persea americana*. En esta área también se constató conflictividad con el cableado eléctrico por parte del ejemplar de *Ficus citrifolia*.

Estas situaciones de riesgo se manifiestan de manera recurrente en los ambientes urbanos y se deben fundamentalmente a una inadecuada selección de las especies para un tipo de emplazamiento determinado.

Bonilla *et al.*, (2019) realizaron un estudio en la ciudad de Pinar del Río, constatando como principales conflictos el provocado con tendidos eléctricos y con infraestructura. Por su parte Ramos, (2019), refiere que estos son los principales problemas o conflictos que se presentan en los entornos urbanos en la mayoría de los países.

En general, se detectó la falta de podas en la mayoría de los ejemplares arbóreos, se propone la eliminación para aquellos que presentan conflictividad con las infraestructuras y sustitución para los ejemplares en estado de desarrollo fustal alto y que además presentan también algún tipo de conflictividad.

Según Domizio (2017), el aspecto fitosanitario del árbol y su grado de mantenimiento son componentes del sistema arbolado urbano que generalmente se articulan de manera ineficiente con la gestión del organismo regulador de este.

Las variables dasométricas de los ejemplares arbóreos varían en las áreas de la siguiente forma:

Tabla 4. Comportamiento de las variables altura total y DAP

Área de estudio	Altura total (m)	DAP (m)
-----------------	------------------	---------

Docente II	De 20 a 7	De 0,46 a 0,23
CUM Jatibonico	De 12,5 a 6	De 1,4 a 0,5

Fuente: elaboración propia

El volumen de madera que pudiera aprovecharse con fines energéticos por concepto de eliminación y/o sustitución de los ejemplares afectados o en conflicto se estima en 3,63 m<sup>3</sup> en el CUM de Jatibonico y en 2,06 m<sup>3</sup> para el Docente II.

#### 4.4- Diversidad del arbolado urbano en las áreas de estudio

Con respecto a la riqueza específica, como fue comentado en epígrafes anteriores, el Docente II presenta el mayor número de especies con 11, mientras que en el CUM de Jatibonico se identificaron 7.

Mediante el cálculo de la Abundancia relativa se corroboró que las especies *Dypsis lutescens* y *Adonidia merrilli* están representadas por un mayor número de ejemplares en el Docente II y CUM de Jatibonico respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Abundancia relativa de las especies en las áreas de estudio

Especies	Docente II	CUM Jatibonico
<i>Adonidia merrilli</i> (Becc.) Becc.	21,97	72,54
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1,09	
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck.		5,88
<i>Cocos nucifera</i> L.		7,84
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf	32,96	
<i>Ficus benjamina</i> L.	15,38	
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.		1,96
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	1,09	
<i>Manguifera indica</i> L.		3,92
<i>Parmentiera aculeata</i> Kulth.	2,19	
<i>Persea americana</i> Mill.	3,29	3,92
<i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	8,79	

<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moree & Stearn		3,92
<i>Psidium guajaba</i> L.	4,39	
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	1,09	
<i>Terminalia cattapa</i> L.	7,69	

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se presentan los valores de los diferentes índices de diversidad en las áreas de estudio.

Tabla 6.

Área	Shannon (H')	Shannon (E)	Margalef (DMg)	Beger-Parker (d)
Docente II	0,817	0,784	7,657	0,330
CUM Jatibonico	0,459	0,543	8,784	0,725
Total	0,638	0,663	8,220	0,527

Fuente: elaboración propia

Si se tiene en cuenta que el valor mínimo establecido para el índice de Shannon (H') es de 1,5, se puede decir que las áreas en estudio presentan baja diversidad. Este resultado es negativo, ya que según Ledesma (2008), se debe incluir la mayor variedad de especies en el arbolado, de modo que ninguna tenga una presencia o abundancia superior al 15%, pues la diversidad específica mejora el patrimonio botánico y paisajístico, al tiempo que contribuye a reducir la incidencia de plagas y enfermedades.

En cuanto a los valores de equitatividad, se aprecia que en Docente II existe una mayor tendencia que en el CUM de Jatibonico a que todas las especies estén representadas por un número similar de ejemplares.

El análisis de los valores obtenidos para el índice de Margalef, revela una riqueza específica alta, si se tiene en cuenta que, en estudios similares desarrollados por Alanís *et al.*, (2014), en el área urbana de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, la comunidad vegetal evaluada presentó una riqueza

específica de 7,62 y fue clasificada como alta por estos autores. Contrariamente a lo obtenido en el presente estudio, estos autores documentaron una alta diversidad de especies de acuerdo con el valor del índice de Shannon ( $H'$ )= 3,05.

Analizando los valores del índice de Berger Parker quedó evidenciada la dominancia de la especie *Adonidia merrilli* en el CUM de Jatibonico, la que está emplazada en forma de hileras dando una trama homogénea a este tipo de arbolado lineal en el área.

#### **4.5- Problemas de gestión, planificación y manejo identificados en las áreas de estudio**

Al finalizar la evaluación se pudieron identificar los siguientes problemas de gestión, manejo y planificación del arbolado urbano en las áreas:

- Falta de atenciones silviculturales.
- Árboles mal emplazados: con respecto a las infraestructuras (que se afectan por los sistemas radiculares de los árboles).
- Poca uso de especies autóctonas.
- Conflictividad con tendidos eléctricos.
- Prácticamente nulo el uso de especies multipropósito como, por ejemplo, los frutales.
- Baja diversidad de especies.

## 5. CONCLUSIONES

- 1- El arbolado urbano en las dependencias de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” correspondientes al Docente II y al CUM de Jatibonico está compuesto por 142 ejemplares, con una densidad de 68,93 y 49,61 árboles. ha<sup>-1</sup> respectivamente.
- 2- Componen las masas arbóreas de las áreas estudiadas un total de 16 especies que se agrupan en 10 familias, con una mejor representación para la *Arecaceae*, se caracterizan además por un alto porcentaje de especies autóctonas, predominio de las arbóreas y perennifolias, se constató equilibrio entre frutales y ornamentales, la mayoría de los ejemplares presentan buen estado físico y sanitario, mientras que el tipo de emplazamiento predominante es árboles aislados.
- 3- Las situaciones de riesgo y conflictividad más identificadas en las áreas fue la afectación a infraestructuras por un inadecuado emplazamiento de los árboles y/o la utilización de especies inadecuadas por sus características morfológicas y hábito de crecimiento.
- 4- Las áreas estudiadas presentan alto índice de riqueza específica pero baja diversidad, evidenciándose dominancia de dos especies de la familia *Arecaceae*.

## **6. RECOMENDACIONES**

En términos científicos:

- Continuar perfeccionando la base de datos en función de incrementar la información que puede contener la misma.
- Completar el estudio con la información de otras dependencias de la UNISS.

En términos prácticos:

- Hacer extensivo este tipo de estudio a otras áreas del sector estatal de la ciudad de Sancti Spíritus.
- Utilizar los resultados obtenidos en este trabajo para el fortalecimiento del proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera Ingeniería Forestal.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, P. y Strong, M.T. (2012). Catalogue of Seed Plants of the West Indies. Smithsonian contributions to botany, (98). Smithsonian Institution Scholarly Press <https://doi.org/10.5479/si.0081024X.98.1>
- Afanador Merchán, G. F. (2018). Guía Silvicultural del arbolado urbano en Saravena. Primera edición. 46 pp
- Aguirre C., O.A. (2002). Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Revista Ciencia Forestal en México* 27(92):5-27.
- Alanís, E., Jiménez, J.; Mora Olivo, A.; Canizalez, P. y Rocha, L. (2014). Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1 (7): 93-101.
- Alvarado, A.; Guardajo, F.; Cartes, S. (2014). Manual de plantación de árboles en áreas urbanas. Santiago de Chile. Editorial: Maval Ltda. ISBN: 978-956-7669-41-7
- A.M., (2015). Alcaldía de Medellín. Árboles nativos y ciudad, aportes a la silvicultura urbana de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente, Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín. 206 p. Recuperado de <http://www.google.com/search?q=arboles+nativos+y+ciudad%2C+aportes+a+la+silvicultura+urbana%2C>
- Amézquita Andrade, A. A.; Gavilán Soche, E. A. (2020). Censo del arbolado urbano ubicado en el Cantón Norte del Ejército Nacional de Colombia en la ciudad de Bogotá D.C. Tesis de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25386/>
- Benavides M., H.M. y D.Y. Fernández G. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques* 18(2):51-71.

- Beytía, A., Hernández, C., Musalén, M. Prieto, F. Saldías, M. (2012). Guía de arborización urbana. Especies para la región metropolitana, Santiago de Chile [en línea]. Santiago de Chile. Editorial: CIEDESS. ISBN: 978-956-7265-52-7.
- Bisse, J. (1988). Árboles de Cuba. Editorial Científico -Técnica.
- Bonilla Vichot, M. M.; Crespo Paredes, E. y Medina Bonilla, D. F. (2019). Arbolado urbano. Estudio de caso: Reparto Hermanos Cruz, Pinar del Río, Cuba. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 2 (2): 52-60. DOI: <https://doi.org/10.46380/rias.v2i2.49>
- Cañizales, P., Rodríguez, E., Holguín, V., García, S. y Chávez, A. (2020). Caracterización del arbolado urbano en la ciudad de Montemorelos, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(62): 111-135. DOI:10.29298/rmcf.v11i62.768
- Castillo Rodríguez, L. y Ferro Cisneros, S. A. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: “verde con respuntes negros”. *Arquitectura y Urbanismo XXXVI* (1): 5-24, ISSN 1815-5898
- Corral, R.; Pérez, J.J.; Aguirre, O.A. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña El Cielo, Tamaulipas, México. *Investigación Agraria, Sistema de Recursos Forestales* 14(2):217-228.
- Domizio, M. (2017). Particularidades del arbolado y el riego en la ciudad de Mendoza desde una mirada sistémica. Área-Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo. *Revista Anual*, 23, 69-78.
- Duval, V. S. y Benedetti, G. (2017). Diagnóstico del arbolado público del entorno de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. En: Libro de la Junta de Geografía. Contreras, F. I. (Ed). Corrientes, Argentina, [online]
- FAO. (2017). Directrices para la silvicultura urbana y periurbana, por Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. Estudio FAO: Montes N° 178, Roma, FAO.



- Fernández, P. y Vargas, A. (2011). Conflicto entre arbolado e infraestructura. *Revista Agronomía y Forestal UC* N° 43. Pontificia Universidad Católica de Chile. 44 pp. Santiago, Chile.
- Ferro, G. (2010). Árboles ciudadanos en la memoria y el paisaje cultural de Bogotá. Bogotá: Instituto Distrital de Cultura y Turismo. Informe Técnico. 36 pp
- Fuentes Pino, J., Becerra Baeza, C., Vega González, S., Ibáñez Córdova, A., Quiroz Villaroel, M. y Fernández del Río, N. (2022). Catastro del arbolado urbano UTEM. Proyecto “Reconocimiento del Arbolado Urbano en la UTEM para una Gestión Eficiente de Espacios Verdes Universitarios”. Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile. 41 pp
- Galindo-Bianconi, A. y Victoria-Uribe, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 14, (1), 98-108
- Gallego, J.H., Tabares, A.A., Hernández, L.E. y Sierra-Giraldo, J.A. (2014). Manual de Silvicultura Urbana para Manizales. CHEC, Alcaldía de Manizales, CORPOCALDAS y Universidad de Caldas. Manizales. 130 p.
- García López, M.; Armas Armas, I.; Páez Gázquez, C. y Porras Loriga, M. (2004). Reproducción y Sistemática Vegetal para estudiantes de Ingeniería Forestal. Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Biología. Libro en soporte digital. 165 pp
- García, O., (2008). Evaluación de la infección por muérdago en el arbolado de Av. Reforma, D. F. Arbol AMA No. 2. Disponible en: <http://www.arboricultura.org.mx/pdfs/ArbolAMA2.pdf> Consultado el 20 de julio de 2019.
- García., N. y T. Pérez. (2010). El verde urbano: indicador de sostenibilidad. Su incidencia en la calidad de vida del sancristobalense. In: 7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. (LACCEI' 2009). Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice. June 2-5. San Cristobal, Venezuela. pp. 1-11.

- Guerra, M.; Frías, M. y Barredo, H. (2010). Evaluación de masas del arbolado urbano para la mejora del medio ambiente en la ciudad de Pinar del Río. Disponible en: [at: https://www.researchgate.net/publication/277123940](https://www.researchgate.net/publication/277123940) Consultado el 17 de febrero de 2020
- ISA. (2017). Basic tree assessment form. Disponible en: <https://www.isaarbor.com/education/>
- Iguñiz Agesta, G. (2007). Apuntes de gestión de la estructura del arbolado urbano. Disponible en: <http://www.arbolonline.org/> Consultado el 4 de julio de 2019.
- Krishnamurthy, L. y Rente Nascimento, J. (Eds.). (1997). Áreas verdes urbanas en América Latina: una introducción, en “Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe”. Chapingo, México. 412 p.
- Ledesma, M. (2008). Arbolado público. Conceptos. Manejo. INTA - EEA Manfredi, Córdoba. 77 p.
- López F, I S. (2008). Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad. Trabajo de grado Especialidad de Ecología Humana. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional unidad Mérida departamento de ecología humana. Disponible en la World Wide Web: <http://www.ecologiahumana.mda.cinvestav.mx/images/egresados/TesisIFarfan.pdf> [Consultado 04 febrero 2020]
- Maldonado-Bernabé, G., Chacalo, A., Nava, I., Meza, R. y Zaragoza, A. (2019). Cambios en la superficie de áreas verdes urbanas en dos alcaldías de la ciudad de México entre 1990-2015. *Polibotánica*, 48: 205-230. DOI:10.18387/polibotanica.48.15.
- MADES/PNUD/FMAM. (2019). Guía de Arborización Urbana para el Área Metropolitana de Asunción. Proyecto “Asunción Ciudad Verde de las Américas – Vías a la Sustentabilidad”. Asunción, Paraguay. 114 p.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1978). Áreas verdes (NC 53-05:78). La Habana, Cuba.

- Moussa, S., Kuyah, S., Kyereh, B., Tougiani, A. y Mahamane, S. (2020). Diversity and structure of urban forests of Sahel cities in Niger. *Urban Ecosystems*, 23:851-864. DOI: 10.1007/s11252-020-00984-6.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2019). Anuario Estadístico de Sancti Spíritus. Disponible en: [www.onei.gob.cu](http://www.onei.gob.cu)
- Olalde Omaña, I. G. (2006). Evaluación de los componentes y condiciones del arbolado urbano en Ciudad Universitaria y los primeros resultados del programa de propagación de plantas nativas para uso ornamental-urbano. Tesis de Grado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores, México DF. 62 pp
- Ortiz, N.; Luna, C. (2019). Diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de Resistencia, Chaco-Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 39(2): 54-68
- Palomino Nantón, D. (2015). El arbolado urbano público de Los Molinos: su inventario, y comentarios para su conocimiento, conservación y mejora. Informe técnico. Ayuntamiento de Los Molinos (Madrid). 57 pp. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/281434928> Consultado el 12 de febrero de 2020
- Perdomo Castro, A. y Díaz Rodríguez, W. I. (2015). Diagnostico piloto y plan de manejo de arborización en la ciudad de Neiva. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales. Colombia. 149 pp
- Ramos Palacios, C. R. (2019). Medidas dendrométricas básicas y distribución del arbolado en banquetas. Informe de proyecto. Ciudad de San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Habitat. 51 pp. Disponible en: <https://slp.gob.mx/segam>
- Rivas Torres, D. (2012). Importancia y ambiente de los bosques y árboles urbanos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. Mex. México. 77 p.
- Sablón, M. A. (1987). *Dendrología*. La Habana: Editora Científico Técnica.

- Sánchez DL, J.M. (2003). Algunas consideraciones sobre el árbol en el diseño urbano. Disponible en la World Wide Web:<http://www.arbolesornamentales.es/Arbolurbano.htm> [Consultado 05 julio 2019].
- Scharenbroch, B. y Catania, M. (2012). Soil Quality Attributes as Indicators of Urban Tree Performance. Illinois, USA. *Arboriculture and Urban Forestry* 38 (5): 214– 228.
- Sosa López, A. Molina Pelegrín, Y.; Puig Pérez, A. y Riquenes Valdés, E. (2011). Diagnóstico de la situación del arbolado urbano en la ciudad de Guisa. *Revista Forestal Baracoa*, 30 (1): 73-78
- Taylor, D. (2012). Planting trees and shrubs. Trees and Plant Care. The Morton Arboretum. Illinois, USA. Disponible en: <http://www.mortonarb.org/tree-plantadvice/article/713/planting-trees-and-shrubs.html> Consultado el 09 de septiembre de 2019.
- Tovar Corzo, G. (2013). Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. *Bitácora*, 22(1): 119-136
- Viloria, A. y Gámez, L. (2017). El árbol urbano en la ciudad de Mérida, base para una propuesta de ordenamiento municipal de áreas verdes y arborización. *Ecodiseño & Sostenibilidad*, 9(1). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326028925\\_EL\\_ARBOL\\_URBANO\\_EN\\_LA\\_CIUDDAD\\_DE\\_MERIDA](https://www.researchgate.net/publication/326028925_EL_ARBOL_URBANO_EN_LA_CIUDDAD_DE_MERIDA)
- Zamudio, C. E. (2001). Análisis del Comportamiento del arbolado urbano público durante el período de 1995 a 1999 en la ciudad de Linares, N.L. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias Forestales, UANL, Linares, Nuevo León

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Imágenes satelitales de las áreas de estudio.



**Conflictividad con el tendido eléctrico**



**Conflictividad con la infraestructura**

**Anexo 2.** Algunos ejemplares estudiados en las áreas.



*Terminalia catappa* L.



*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E.Moore & Steam





*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

*Terminalia catappa* L.



*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.