

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO PARA EL ARBOLADO
URBANO DEL DISTRITO DE SAN VICENTE DEL CANTÓN
DE MORAVIA, SAN JOSÉ, COSTA RICA.**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL.

CAROLINA ALFARO ROJAS

CARTAGO, COSTA RICA, 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO PARA EL ARBOLADO
URBANO PRESENTE EN EL DISTRITO SAN VICENTE DEL
CANTÓN DE MORAVIA, SAN JOSÉ, COSTA RICA.

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL.

CAROLINA ALFARO ROJAS

CARTAGO, COSTA RICA,

2020

RESUMEN

Carolina Alfaro Rojas¹

Se estableció como objetivo principal diseñar una propuesta técnica de manejo silvicultural para el arbolado urbano presente en el distrito de San Vicente de Moravia, para lo cual se realizó la evaluación de riesgo con base en la metodología creada por la empresa GFS-Green Forest Solutions, de todos los árboles, arbustos y palmeras con un diámetro mayor a 10 cm y una altura superior a 5 m, que se encontraran en calles, aceras y parques del distrito. Se establecieron 5 categorías de riesgo: *riesgo bajo*, *riesgo medio-bajo*, *riesgo medio*, *riesgo medio-alto* y *riesgo alto*. Además con base en revisión bibliográfica y datos de campo se analizó la existencia de árboles con valor patrimonial para la comunidad, para lo cual se realizaron talleres con la comunidad.

Con la información recopilada de la evaluación de riesgo se ubicó cada árbol en una categoría de riesgo, se encontraron 329 individuos en la categoría de *riesgo bajo*, en la categoría de *riesgo medio-bajo* se encontraron 316, mientras que en la categoría de *riesgo medio* se registran solo 10 individuos y en las últimas dos categorías *riesgo medio-alto* y *alto* no se encuentra ningún individuo. Con respecto a los árboles patrimoniales se encontraron dos ejemplares de la especie *Ficus jimenezii*, ambos árboles poseen las características deseables para ser catalogadas como patrimoniales, uno destaca por su relación con la cultura del cantón y otro por su valor simbólico al ser declarado el árbol más antiguo del distrito. Con base en los resultados obtenidos se realizó un plan de manejo silvicultural para arbolado a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo.

La matriz de evaluación de riesgo utilizada por la empresa GFS no permite determinar de forma precisa el nivel de riesgo, además se requiere un equipo especializado para llevar evaluaciones de riesgo, así como la implementación de técnicas de trepa.

Palabras clave: evaluación, riesgo, mantenimiento, patrimonial.

¹Alfaro-Rojas, C. (2020). Propuesta técnica de manejo para el arbolado urbano presente en el distrito San Vicente del Cantón de Moravia, San José, Costa Rica. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 84p.

ABSTRACT

The main objective was to design a technical proposal for silvicultural management for the urban trees present in the district of San Vicente de Moravia, for which the risk assessment was carried out based on the methodology created by the company GFS-Green Forest Solutions, of all trees, shrubs, and palm trees with a diameter greater than 10 cm and a height greater than 5 m, which will be found on district streets, sidewalks, and parks. 5 risk categories were established: low risk, medium-low risk, medium risk, medium-high risk and high risk. In addition, based on bibliographic review and field data, the existence of trees with heritage value for the community was analyzed, for which workshops were held with the community.

With the information gathered from the risk assessment, each tree was placed in a risk category, 329 individuals were found in the low risk category, in the medium-low risk category 316 were found, while in the medium risk category only 10 individuals are registered and in the last two categories medium-high and high risk no individual is found. With respect to the patrimonial trees, two specimens of the species *Ficus jimenezii* were found, both trees possess the desirable characteristics to be classified as patrimonial, one stands out for its relationship with the culture of the canton and the other for its symbolic value as it is declared the most old district. Based on the results obtained, a silvicultural management plan for trees was developed to be developed in the short, medium and long term.

The risk assessment matrix used by the GFS company does not allow the risk level to be precisely determined, and a specialized team is required to carry out risk assessments, as well as the implementation of climbing techniques.

Key words: evaluation, risk, maintenance, patrimonial.



Este trabajo está licenciado bajo [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) .

ACREDITACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por el MAP Luis Guillermo Acosta Varga, Ing Gustavo Alvarado Salazar, Daniel Barquero Quirós y M.Sc Dorian Carvajal Venegas como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Luis Guillermo Acosta Vargas, MAP.
Director de Tesis

Gustavo Alvarado Salazar, Ing.
Gerente de GFS- Green Forest Solutions

Daniel Barquero Quirós
Gestor Ambiental de Municipalidad de
Moravia

Dorian Carvajal Venegas, M.Sc.
Coordinador de Trabajos Finales de
Graduación

Carolina Alfaro R

Carolina Alfaro Rojas
Estudiante

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mi familia, principalmente a mi valiente e inquebrantable madre, quien me formó como persona y desde el cielo me acompañó todos estos años de carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino.

A mi familia, porque han sido un pilar en mi vida. A mis tías Vicky y Sandra por su amor y ternura, y a mis primas y hermana por ser un ejemplo de mujeres fuertes y dedicadas.

A Luis Acosta, mi profesor tutor, por su apoyo, consejos durante el proceso de tesis y durante toda la carrera.

A Gabriela Sánchez por confiar en mi como profesional y por su valiosa amistad, por brindarme ánimos en los momentos difícil.

A la empresa GFS-Green Forest Solutions por darme la oportunidad de realizar el Trabajo Final de Graduación en su empresa.

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
ACREDITACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Antecedentes de la arboricultura urbana.....	5
4.2 Beneficios del arbolado urbano	6
4.3 Árbol Patrimonial	7
4.4 Riesgo	8
4.4.1 Problemas de tipo mecánico o físico	8
4.4.2 Problemas relacionados con el medio en el que se desarrollan	10
4.4.3 Problemas relacionados con la salud y bienestar de las personas.....	10

4.5 Importancia del mantenimiento y manejo del arbolado urbano.....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1 Descripción del sitio de estudio	11
5.2 Diseño de muestreo.....	11
5.3 Recolección de datos	12
5.4 Análisis de Datos	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
6.1 Diagnóstico del arbolado urbano	29
6.1.1. Diagnóstico de la Evaluación de Riesgo.....	36
6.2 Diagnostico de Árboles Patrimoniales.....	48
6.3 Propuesta de manejo	52
7. PROPUESTA DE MANEJO	54
7.1 Intervenciones	54
7.2 Propuesta operativa.....	54
7.3 Monitoreo.....	60
7.4 Cronograma	60
8. CONCLUSIONES	61
9. RECOMENDACIONES.....	62
10. ANEXOS	64
11. REFERENCIAS.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rubros evaluados para determinar el estado de las raíces de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.	16
Cuadro 2 Rubros evaluados para determinar el estado del fuste de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.	18
Cuadro 3. Rubros evaluados para determinar el estado de la copa de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.	20
Cuadro 4. Matriz de valoración de árboles patrimoniales en el distrito de San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica.....	22
Cuadro 5. Ponderado asignado a cada variable evaluada para determinar el nivel de riesgo.	25
Cuadro 6. Categorías de riesgo para el arbolado urbano.....	25
Cuadro 7. Peso ponderado asignado a cada variable evaluada para determinar si existen árboles patrimoniales.....	27
Cuadro 8. Número de individuos evaluados por parque en el distrito de San Vicente, Moravia, Costa Rica.....	29
Cuadro 9. Ranking de los árboles patrimoniales de San Vicente de Moravia	49
Cuadro 10. Cronograma del Plan Operativo Anual para manejar los árboles de San Vicente de Moravia.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distrito de San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica.....	12
Figura 2. Criterios para la medición del DAP (Bosques de Plata. 2016)	15
Figura 3. Taller del Árbol Patrimonial con la comunidad de San Vicente, Moravia.	26
Figura 4. Representación gráfica de la zona de impacto de un árbol (triángulo rojo), el punto amarillo representa la ubicación del individuo.	28
Figura 5. Distribución de clases diamétricas (A) y por altura (B) de los árboles evaluados en el distrito de San Vicente, Moravia, Costa Rica.	30
Figura 6. Distribución diamétrica recomendada por Richards (1983) comparada con la distribución diamétrica de los individuos de San Vicente de Moravia.....	31
Figura 7. Rebrotos basales (A) y epicórmicos (B) de los árboles evaluado.	32
Figura 8. Árboles desmochados (A) y (B), en San Vicente de Moravia.	33
Figura 9. Árboles que presenta raíces expuestas y en conflicto con aceras: (A) Árbol de Casuarina al cual se le eliminó parte de las raíces; (B) Árbol de casuarina ocasiona el levantamiento de la acera.....	38
Figura 10. Árboles que presenta socavamiento del terreno. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	39
Figura 11. Número de individuos que presentaron problemas por variable de fuste analizada. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	39
Figura 12. Árboles de <i>Casuarina equisetifolia</i> con presencia de tumores en el Parque Los Robles, San Vicente de Moravia, Costa Rica.	40

Figura 13. Daños más comunes en el fuste de los árboles evaluados. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	42
Figura 14. Número de individuos que presentaron problemas por variable de copa analizada. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	42
Figura 15. Estado de las hojas: esto obedece a la arquitectura de la palma. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	44
Figura 16. Árboles con uniones débiles. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	44
Figura 17. Obstáculos más frecuentes en la zona área del árbol. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	45
Figura 18. Frecuencia de individuos según grados de inclinación. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	46
Figura 19. Número de individuos por categoría de riesgo. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	47
Figura 20. <i>Ficus jimenezii</i> SV95 categorizado como árbol patrimonial. San Vicente de Moravia, Costa Rica.	50
Figura 21. <i>Ficus jimenezii</i> SV279 declarado el árbol más viejo del cantón. Foto: Warner Rojas (2018).....	51
Figura 22. Técnica de los tres cortes para podar ramas de árboles urbanos	58
Figura 23. Principales defectos para eliminar en una poda de saneamiento (Purcell, 2015) .	56
Figura 24. Muestra de una poda de elevación de copa (Purcell, 2015).	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica donde se recopila la información de la reevaluación de riesgo de cada árbol de forma individual.....	64
Anexo 2. Número de individuos (N) y origen de las especies identificadas en San Vicente de Moravia, San José Costa Rica.....	65

1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades han sido el resultado del continuo levantamiento de edificaciones, instalaciones técnicas y poca cobertura arbórea. Esta última se establece en espacios públicos, las cuales juegan un papel relevante en el desarrollo de las ciudades y la calidad de vida de quienes las habitan (Frick, 2014, Zúñiga-Sánchez, 2017).

Se entiende por árbol urbano al conjunto o agrupación de árboles dispuestos en el ecosistema antrópico, el cual se encuentra representado principalmente por la masa arbórea ubicada en parques, plazas, plazoletas, zonas verdes y vías públicas (Villareal, 2013; Ponce-Donoso y Vallejos-Barra, 2016).

En el pasado los árboles en zonas urbanas han sido considerados útiles sólo por su belleza escénica, sin embargo, con la expansión acelerada de las ciudades hoy en día presentan múltiples beneficios, tales como absorción de contaminantes, barreras corta vientos, moderador de temperatura (Fernández y Vargas, 2011), control de erosión, estabilización de terrenos (Tovar, 2006) y reducción del ruido ocasionado por el tránsito de vehículos (Sosa-López, Molina-Pelegrin, Puig-Pérez y Riquenes-Valdés, 2011).

Sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios que nos brindan los árboles es importante mencionar que la mala planificación y el inadecuado manejo silvicultural en zonas urbanas puede llegar a representar un riesgo para las personas y producir daños a infraestructura, debido a su condición natural de crecimiento, estado fitosanitario, factores antropogénicos y ubicación (Zúñiga-Sánchez, 2017).

Los espacios urbanos están dominados por un conjunto de construcciones, calles, aceras y drenajes, las cuales anteponen una situación de riesgo que puede ser minimizada con una adecuada planificación y gestión de los recursos, e involucra una correcta selección de especies, sitio y distanciamiento al cual ubicarlos (Reyes de la Barra, Ponce-Donoso, Vallejo-Barra, Daniluk-Mosquera, y Coelho-Duarte, 2018).

Las entidades gubernamentales responsables del bienestar social como lo son las municipalidades son las principales beneficiadas en el desarrollo de una adecuada planificación al momento de arborizar áreas dentro de la ciudad, la cual evitará molestias y conflictos entre los ciudadanos y el entorno (Rojas, Bermúdez y Jiménez, 2016).

En Costa Rica se han realizados muchos intentos de arborización en las zonas urbanas, sin embargo, pocas han tenido éxitos, ya que las especies seleccionadas no son las más adecuadas y han ocasionado constantes daños a la infraestructura, no generan fuente de alimento para la fauna y representan un riesgo para los transeúntes por el desprendimiento de ramas. Los estudios en tema de arborización se han enfocado en identificar las especies nativas y exóticas, contabilizar la abundancia y diversidad de estas, así como evaluar el estado fitosanitario y los daños que han causado a las infraestructuras (Barboza, 2016).

En el país, los gobiernos locales son los encargados de realizar el mantenimiento de las zonas verdes en sitios públicos. Esta es la razón por la cual la municipalidad de Moravia tiene como uno de los objetivos principales en su Plan de Desarrollo Local, proteger y conservar áreas verdes y zonas de reservas que garanticen el resguardo de flora y fauna; el periodo para cumplir este objetivo es del año 2016-2022, por lo tanto, el presente estudio diseñó una propuesta técnica de manejo silvicultural con actividades a realizar en el corto, mediano y largo plazo que permita cumplir con las metas del municipio.

Cabe destacar que el distrito de San Vicente de Moravia fue elegido sitio de estudio ya que es el distrito más urbanizado del cantón y no cuenta con zonas que permitan la conectividad entre bosques, por lo que es de vital importancia conservar y aumentar la cobertura forestal para que se desempeñe como nicho y fuente de alimento a la fauna y permita la conectividad entre ecosistemas. Se desarrolló una metodología adaptada a las condiciones de clima tropical y especies de la zona, que permite la evaluación oportuna del arbolado urbano, ya que, constituye una herramienta fundamental en el manejo y conservación de las áreas verdes, con la metodología se permitirá identificar los factores claves para mejorar la condición del arbolado (De la Vega, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta técnica de manejo silvicultural con actividades en el corto, mediano y largo plazo en el arbolado urbano presente en el distrito San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica.

2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el arbolado urbano considerando el nivel de riesgo.
2. Determinar la existencia de árboles con valor patrimonial en el distrito de San Vicente.
3. Proponer actividades de manejo silvicultural a corto, mediano y largo plazo para el arbolado urbano según su categoría de riesgo y su condición patrimonial.

3. HIPÓTESIS

El alcance del TFG es de tipo descriptivo, ya que busca describir situaciones y explicar el contexto en el que se ve inmerso el arbolado urbano y el nivel de riesgo que representa para la ciudadanía, no busca determinar una relación entre las variables evaluadas. Dado que en el país todavía no existe este tipo de estudio, el cual debe adaptarse a las especies existentes en el país, considerando variables como la diversidad de especies, clima, factores sociales, entre otros, es necesario fundamentar las bases para seguir desarrollando este tipo de análisis. Ya que no se tiene un pronóstico de los resultados, el presente estudio no cuenta con una hipótesis.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Antecedentes de la arboricultura urbana

La sobrepoblación es uno de los principales factores por los cuales han disminuido los parches de bosques que existían como remanentes del original, la expansión de las ciudades ha generado una presión sobre los bosques. Los primeros registros donde se demuestra que el ser humano utiliza las plantaciones de árboles se remontan a las antiguas civilizaciones en China, Asia occidental, Grecia y la más antigua, Babilonia la cual surgió hace más de 3000 años. (Tovar-Corzo, 2013). Desde un inicio los agricultores promovieron la selección de especies silvestres aquellas que preferían por sus frutos y leña, logrando la adaptación de estas a la transformación del paisaje; incluso entre los pueblos antiguos el mercadeo de árboles era una transacción habitual con lo que se perfeccionaron los sistemas de riego y la polinización artificial (Benito, Palermo, & Bertucelli, 2018). A finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX, se ha utilizado la vegetación de manera planificada, sistematizada y organizada como un proceso restaurador que realiza el ser humano sobre la naturaleza (Galindo-Bianconi y Victoria-Uribe, 2018)

A pesar de que el hombre y los árboles siempre han estado vinculados, este vínculo no ha sido favorable para los árboles, los cuales se buscaban solamente por su valor recreativo o belleza escénica; a pesar de esto eran mutilados por el hombre para satisfacer y adaptarse a sus necesidades; algunas prácticas comunes para el cuidado de los árboles consistían en tapar las heridas (Calaza e Iglesias, 2016).

En el contexto actual, el árbol urbano se define como todo aquel árbol o arbusto en cualquier estado de crecimiento, ubicados sobre terrenos públicos, con fines de protección hídrica, lúdica, de circulación urbana, ambiental, así como de áreas degradadas, disposición de desechos y sitios de servidumbre, se excluyen los árboles ubicados en terrenos privados, los tocones ubicados en vías públicas y la vegetación jardinería ubicada en sitios públicos (De la Vega, 2017).

La forma de tridimensional de un árbol puede ser compleja pero nunca aleatoria, cada árbol cuenta con un método específico de crecimiento controlado por genes, la forma del árbol puede ser modificada por factores ecológicos, pero siempre se conservan las reglas genéticas. Existen tres rasgos que combinados permiten definir muchos modelos de arquitectura, tales como los ejes verticales u horizontales, ramificación continua o rítmica y la floración terminal o lateral (Hallé, 2010).

Los patrones de ramificación es un elemento heredado que es clave en el estudio de la arquitectura arbórea, estos patrones se expresan entre la germinación, la fructificación y pueden ser descritos por modelos arquitecturales (Vester, 2002).

4.2 Beneficios del arbolado urbano

4.2.1 Beneficio ambiental

Cazala e Iglesias (2016) afirman que los árboles funcionan como reguladores de temperatura, ya que las ciudades se ven expuestas a altos niveles de irradiación de la energía calórica del sol, las construcciones y la quema de hidrocarburos, además fijan la suciedad y las partículas de polvo pueden reducirse hasta un 60%, absorben CO₂, dióxido de sulfuro y otros contaminantes componentes de la lluvia acida; previene la erosión del suelo y reducen las inundaciones al interceptar la lluvias en sus copas y evaporarlas antes que llegue al suelo. Tienen la capacidad de evita el impacto directo de las gotas sobre la superficie y permitir la filtración por medio de las raíces. (Plant-it, 2019). Las estructuras de los árboles favorecen al control del movimiento del viento en las ciudades, incluso pueden reducir la temperatura de las corrientes de aire, incluso reducir la velocidad del viento (Zúñiga-Sánchez, 2017).

Las especies nativas en zonas urbanas son fuente de alimento para la fauna nativa, especialmente para la avifauna, murciélagos, ardillas e insectos, por lo tanto, la implementación de especies nativas puede fortalecer la estructura ecológica del ecosistema al brindar fuentes de alimentos para la fauna local y migratoria (Vargas y Molina , 2007)

4.2.2 Beneficio económico-social

Existe un beneficio a nivel social, como la creación de lazos entre los miembros de la comunidad, ya que se crea un sentido de propiedad e identidad. Los árboles llegan a ser testigos de recuerdos, eventos históricos y alegrías de los miembros de la comunidad; son actores en el proceso de satisfacción de la gente con respecto a las experiencias y percepciones de la calidad de vida (Cazala e Iglesias, 2016; Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2018). Además, abre espacios de recreación para realizar deporte, reflexionar y contemplar la naturaleza, propician también un escenario para realizar talleres y formar en materia biológica y ecológica a la ciudadanía. (Tovar, 2006).

Los árboles pueden representar un beneficio económico, reflejado en el aumento del valor de la propiedad y los servicios que brindan pueden ser muy apreciados por los compradores. La cobertura forestal en las ciudades puede contribuir a reducir las facturas de servicios públicos, se disminuye el uso de aire acondicionado ya que las paredes y ventanas que se encuentren bajo sombra pueden reducir los costos en un 25% -50%; reduce el uso de calefacción en la época fría, ya que los árboles funcionan como cortavientos reduciendo un 10% - 20% los costos. (Plant-it, 2019).

4.3 Árbol Patrimonial

En la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultura y Natural, la UNESCO define el árbol patrimonial como “los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas con un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico” (Ramírez, 2016). Los árboles catalogados como patrimoniales se consideran un bien protegido y a conservar, lo cual implica que no puede ser cortado, mutilado ni destruido en su estado, al menos que represente un riesgo inminente para las personas o infraestructuras (Polo, Paredes, Maldonado, Cuesta y Pinto, 2018).

Este concepto actualmente recoge una perspectiva del árbol como símbolo cultural y de unión con la naturaleza, formando parte del patrimonio cultural de cada región, brindando un lugar o espacio de reunión y de convivencia cotidiana (Zabala, 2018).

La valoración de los árboles patrimoniales se ha abordado en dos formas: la valoración en términos monetarios y la valoración en términos no monetarios, esta última ha sido la más estudiada por diversos autores y consiste en estimar la importancia del recurso natural. El nivel de importancia puede ser abordado con tres distintos enfoques en primer lugar: *las preferencias*, basado en que el valor del recurso natural está en función del número de personas que lo prefieren; en segundo lugar *las valoraciones subjetivas de un grupo calificado de personas*, quienes son las encargadas de determinar un promedio de las valoraciones individuales realizadas por personas con conocimiento en el área de estudio y por último está *la utilización de escalas ordinales*, esta ayuda a simplificar por medio de una escala jerárquica en donde se vuelve más sencillo determinar si un individuo tiene menor o mayor valor que otro (Villota y Escribano, 2015).

Los inventarios de árboles patrimoniales realizados en la ciudad como Quito buscan el cumplimiento de ciertos parámetros tales como: que los árboles deben tener al menos 100 años, históricamente deben estar relacionados con hechos importantes de la ciudad, tienen que ser particularmente estético en cuanto a la estructura de su tronco y follaje o ser una especie en peligro de extinción (Ramírez, 2017).

4.4 Riesgo

Los árboles urbanos presentan un conjunto de inconvenientes al estar localizados en un medio no natural, según Cazala e Iglesias (2016) se pueden agrupar estos inconvenientes en tres grupos, de tipo físico/mecánico, aquellos relativos al medio en el que se desarrollan y los que se relacionan con la salud y bienestar de las personas.

4.4.1 Problemas de tipo mecánico o físico

Cazala e Iglesias (2016) aseguran que existen especies que, por su anatomía, densidad de la madera, arquitectura entre otros, son más susceptibles que otras a sufrir ruptura en las ramas o desprendimiento de algunas de sus partes, como aquellas especies que se autopodan. Otro de los problemas que se presentan son aquellos derivados del sistema radicular, los individuos que se desarrollan en espacios pequeños o en condiciones de estrés, como consecuencia provocan el

levantamiento de aceras, ruptura de alcantarillado y carreteras, además destruyen tuberías de saneamiento, telecomunicaciones, redes de distribución de agua, redes eléctricas, entre otros.

Algunos de los problemas más serios a nivel de fuste se generan cuando dos troncos codominantes o un troco y una rama crecen formando un ángulo cerrado, esto hace que se forme lo que se conoce como horquilla (Sánchez-Blanco, Ariza-Morales, Muñoz, Carrizo y Barrero, 2010). La formación de horquillas entre ramas es considerada una unión débil, ya que la madera no se encuentra unida completamente debido a la presencia de corteza incluida en un ángulo agudo (Cazala, 2007).

Otro de los problemas que existen es la presencia de espinas que son características de algunas especies, también ha llegado a significar un problema, ya que puede causar heridas y lesiones en las personas (Cazala e Iglesias, 2016). Las lesiones producidas a los árboles con objetos punzocortantes generan heridas las cuales se convierten en vías de acceso para agentes patógenos como hongos que van a producir canchales, marchitamiento vascular, incluso puede llegar a causar la pudrición de la madera; ligado a esto también se producen daños causados por el ser humano, como la colocación de cableado, lámparas, focos, entre otros, que también pueden dar paso a que el árbol falle (Báez, Istlas y Trejo, 2011). Existen diferentes tipos de pudriciones, entre ellas se encuentra la pudrición blanda, la cual genera pérdida de resistencia a la tracción debido a la degradación de la celulosa. (Villalobos, Suárez, Gaspar y Manta, 2013). Según (Martínez y Lupo, 2014) la pudrición en los árboles en pie los vuelve más susceptibles a fallar a la altura de la lesión por la acción de los vientos fuertes.

Los canchales pueden variar en apariencia, algunos tienden a levantar la corteza o producir cavidades y estos aumentan la posibilidad de fallo de la madera en las zonas cercanas (Boa, 2008). Por otro lado, los tumores pueden originarse debido a la presencia de bacterias o podas mal realizadas, por lo general se muestran como abultamientos en el fuste del árbol, debido a un exceso de producción de células.

4.4.2 Problemas relacionados con el medio en el que se desarrollan

Especies como el *Eucalyptus* spp tienden a absorber nutrientes de la tierra, por lo cual los vecinos tienen a relacionarlo con el empobrecimiento del suelo. Algunas especies producen sustancias que inhiben el crecimiento de otras especies, estas sustancias pueden ser exudadas por las raíces provocando una reducción en la germinación de semillas, limitar el crecimiento de raíces y rebrotes, etc.

4.4.3 Problemas relacionados con la salud y bienestar de las personas.

Algunas especies presentan sustancias nocivas para las personas y fauna, dichas sustancias se pueden encontrar en las hojas, flores o frutos cuando son ingeridas, el mayor inconveniente se tiene cuando los árboles están próximas a zonas recreativas, en el que se encuentra en contacto con niños (Cazala e Iglesias, 2016).

Por otro lado, la presencia de árboles puede significar un foco de concentración para plagas, las cuales pueden resultar molestas y perjudiciales para la salud de la población, por ejemplos los pulgones segregan azúcares los cuales depositan en el envés de las hojas y manchando el pavimento y señales de tránsito (Cazala e Iglesias, 2016).

4.5 Importancia del mantenimiento y manejo del arbolado urbano

Los árboles que localizamos en sitios altamente urbanizados, es normal encontrar árboles creciendo en un medio hostil, ya que los espacios están dominados por construcciones, drenajes, calles, tránsito vehicular y peatonal y cables eléctricos, esta situación de tensión puede disminuir su crecimiento e incluso causarle la muerte (Tovar, 2006). El conflicto entre el arbolado urbano y el desarrollo de las ciudades se debe principalmente a una mala planificación, una mala selección de la especie y del espacio donde se ubica (Fernández y Vargas, 2011).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del sitio de estudio

La evaluación del arbolado urbano se llevó a cabo en el distrito de San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica (coordenadas 10°00'46'' latitud Norte y 84°01'20'' longitud Oeste; Figura 1). Por su ubicación geográfica se encuentra dentro de las Zonas de Vida Bosque muy Húmedo Premontano y Bosque Húmedo Premontano (Instituto Tecnológico de Costa Rica [ITCR], 2014).

El clima de la zona es estacional, presenta una estación lluviosa de mayo a noviembre, seguido de una estación seca de noviembre a abril. La precipitación reporta lluvias entre 1300 -1700 mm, con temperaturas entre los 15 y 18°C. El cantón está expuesto a los vientos alisios del Noreste durante la estación Seca, mientras que en la estación Lluviosa los vientos alisios se presentan durante horas de la mañana y durante la tarde predominan los vientos procedentes del Pacífico con sentido Oeste y Suroeste, los cuales vienen cargados de abundante nubosidad. (Valverde, 2011).

El distrito tiene una extensión de 5,49 km², con una población de 30 919 habitantes. Se encuentra en la posición 19 de los distritos con mejor Índice de Desarrollo Social con un valor de 90,04 (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN], 2018).

El distrito fue elegido sitio de estudio ya que es altamente urbanizado y no existe conectividad entre ecosistemas, por lo que es de vital importancia conocer los recursos forestales con el fin de conservar la cobertura forestal para que funcione como nicho y fuente de alimento a la fauna.

5.2 Diseño de muestreo

Se definió la unidad de muestreo como cada individuo urbano (árboles, arbustos, palmeras), plantado o regenerado, nativo o exótico, que se ubican en vías públicas como calles, aceras, parques y bulevares.

Se tomó una muestra de los individuos con diámetro mayor a 10 cm y altura superior a 5 metros, ya que se consideran que estos presentan un mayor potencial del riesgo. Se excluyeron las superficies con cobertura boscosa ya que estas no forman parte de la definición de arbolado urbano; por lo tanto, el área efectiva censada es de 5,13 km², en las que se distribuyen 73 km de carretera.

La ubicación de los árboles en campo se realizó en el mes de junio de 2019, cada individuo fue georreferenciado con un GPS Garmin 64s y se le asignó un número consecutivo, esto para mantener un orden de registro y facilitar un mayor control para futuras evaluaciones.

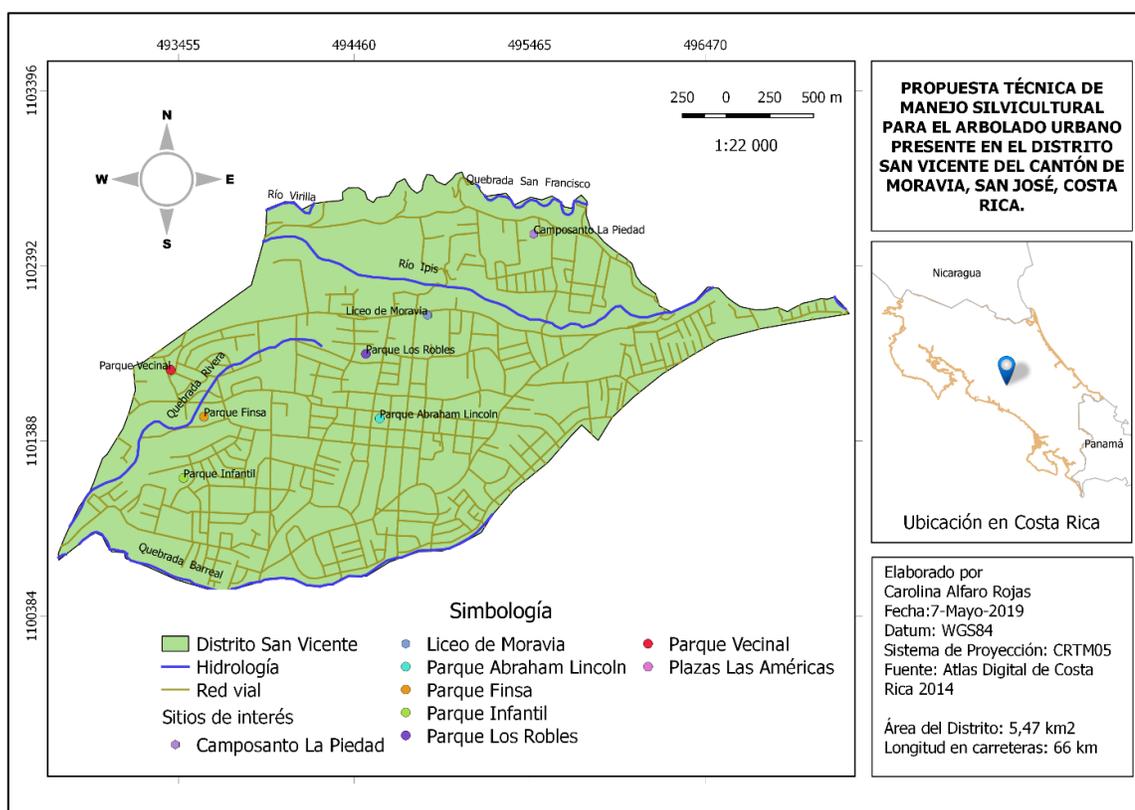


Figura 1. Distrito de San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica (Junio, 2019).

5.3 Recolección de datos

5.3.1 Diagnostico general de arbolado

Se realizó de manera oportuna la evaluación de algunas variables importantes para conocer de forma integral el estado del arbolado urbano; además, esta información será de gran importancia

para futuras evaluaciones, para realizar un seguimiento periódico de los árboles evaluados. Es importante destacar que, las variables de riesgo visualizan la probabilidad de fallo o caída del árbol por condiciones de la especie y de sitio. Sin embargo, otras variables como la presencia árboles o palmeras con espinas, pueden llegar a representar un peligro si se ubican en lugares de recreación para niños, como lo son los parques y jardines. A continuación, se detallan algunas de las variables evaluadas en campo, las cuales se incluyeron en la ficha técnica junto con las variables de riesgo.

Rebrotos basales: Los rebrotos basales son aquellos que provienen de la raíz o brotes adventicios por el cuello de la raíz, tienen la capacidad de desarrollarse hasta formar un eje codominante si no se controla a tiempo. También, se consideraron rebrotos basales aquellos rebrotos epicórmicos que se encuentren en la base del fuste.

Desmoche: El desmoche es la poda indiscriminada de las ramas de los árboles dejando garrones (o muñones) o ramas laterales que no son lo suficientemente grandes para asumir el papel terminal.

Muérdago: Es el nombre común que reciben las plantas hemiparásita (Rivas, 2015). Se reconocen por tener ramas abundantes que forman una abundante mata que cuelga del árbol, cubriendo la copa.

Fauna: La presencia de fauna se evaluó por medio de la observación de nidos de aves, colmenas de abejas, madrigueras o algún otro indicador que pruebe que la fauna está utilizando al árbol como refugio o alimento.

Espinas o aguijones: Se determinó si la especie tiene espinas, las cuales se observan como una prominencia larga, endurecida y puntiaguda de origen interno, lignificado y con tejido vascular, la cual no se puede desprender sin desgarrar tejidos subyacentes. Además, también se observó si poseía aguijones, los cuales son proyecciones cortas muy rígidas y puntiagudas de origen epidérmico, por lo cual al presionarlas se desprenden sin tejidos accesorios.

Estado de la copa: Se evaluó el estado de la copa, en tres categorías: viva, muerta o decadente.

Poda: La evaluación de la poda se realizó considerando dos posibles situaciones:

1. *Los individuos fueron podados:* En este caso los individuos fueron evaluados en función de la calidad de la poda. Se asignaron dos categorías para definir la calidad de la poda (Ochoa,2015):

Mala: Se da la presencia de una o más de las siguientes condiciones: colas de león, podas excesivas, sobre levantamiento de copa, presencia de tocones, cortes de ramas al ras, heridas dentadas, desgarres de corteza.

Buena: En el caso de podas recientes se observa en el sitio un pequeño muñón en la base de la rama. Para el caso de antiguas podas se debe observar un callo bien formado que indica el correcto proceso de compartimentalización.

2. *Los individuos no han sido podados:* se determinó si existe o no la necesidad de realizar podas, en caso de necesitar poda, se indicó que tipo es la más apropiada.

5.3.2 Identificación y definición de variables de riesgo

Las variables evaluadas en campo se obtuvieron de la siguiente manera: se midió la altura total (HT) y profundidad de copa (PC) con un hipsómetro Suunto (± 1 m), dos diámetros de copa (DC1 y DC2) medidos en sentido norte-sur y este-oeste, estas mediciones pueden variar según la posición del árbol y de la copa, todas las medidas se realizaron con una cinta métrica (± 1 cm).

El diámetro (dap) se midió a 1,3 m de altura desde la base árbol, para individuos de tronco múltiple se midieron cada una de las reiteraciones que surgían por debajo de 1,3 m.

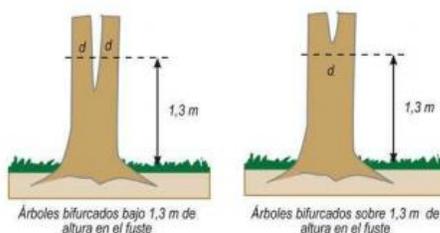


Figura 2. Criterios para la medición del DAP (Bosques de Plata. 2016)

Las variables cualitativas se evaluaron por secciones de raíces, fuste y copa con el fin de determinar cuáles son los factores que más afectan el riesgo de caída. Las variables que se tomaron en cuentas fueron adaptadas a la metodología utilizada por empresa GFS-Green Forest Solutions y se detallan a continuación:

5.3.2.1 Raíces

A nivel de raíces se determinó el tipo de raíz del individuo, el estado del sistema radicular, si presenta o no socavamiento el terreno, la pendiente y el estado de las infraestructuras próximas al árbol (Cuadro 1). A continuación se describe cada una de las variables.

- a. Exposición de raíz: se observó en el sitio la presencia de raíces que sobresalían de la superficie del suelo.
- b. Estado del sistema radicular: se observó la presencia de pudrición, estructuras que ahoguen el sistema radical (pavimento, concreto u otros); así como, si se ha eliminado o machacado parte del sistema radicular si se encuentra visible, de lo contrario se indicó que no aplica.
- c. Socavamiento del terreno: se evaluó si se había eliminado suelo que disminuya el sostén del árbol.
- d. Pendiente del terreno: Se determinó la inclinación del terreno sobre la cual se encuentra el árbol, para esto se midió la pendiente con un Clinómetro Suunto PM-5/360PC, a una distancia de tres metros desde el árbol hasta el sitio más alto.
- e. Inclinación: se midió el grado de inclinación del árbol en grados utilizando la aplicación móvil *Makita versión 1.0.1* y para determinar una posible dirección de caída, se determinó el azimut con una brújula Suunto.
- f. Volumen:

g. Obstáculos en las raíces: existen casas, bodegas, senderos, edificios o cualquier establecimiento donde exista presencia de personas, dentro del área de impacto o dentro de un buffer de 30 m.

Cuadro 1. Rubros evaluados para determinar el estado de las raíces de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.

Categoría	Parámetro	Puntaje
Exposición de la raíz	El árbol no muestra raíces expuestas sobre la superficie.	0
	El árbol presenta raíces expuestas sobre la superficie.	1
Estado del sistema radicular	No presenta problema.	0
	Algún grado de pudrición en el sistema radicular.	1
	Estructuras que ahoguen el sistema radicular (pavimento, concreto, otros).	3
Socavamiento del terreno	Más de la mitad del sistema radicular ha sido eliminado o machacado.	5
	No presenta socavamiento	0
Pendiente del terreno	Evidencia de socavamiento del terreno	1
	Pendiente menor a 5%	0
	Pendiente mayor a 5% y menor a 35%	1
Inclinación	Pendiente mayor a 36%	3
	Inclinación menor al 30%	0
Obstáculos	Inclinación mayor al 30%	1
	No existen casas, bodegas, senderos, edificios o cualquier establecimiento donde exista presencia de personas, dentro del área de impacto o dentro de un buffer de 30 m.	0
	Existen casas, bodegas, senderos, edificios o cualquier establecimiento donde exista presencia de personas, dentro del doble del área de impacto del árbol.	1
	Existen casas, bodegas, senderos, edificios o cualquier establecimiento donde exista presencia de personas, dentro del área de impacto del árbol.	3

5.3.2.2 Fuste

Se identificó la presencia de canchros, tumores, pudrición, grietas, troncos huecos y presencia de obstáculos (Cuadro 2). Cada uno de estos rubros se detalla a continuación:

a. Canchros: son lesiones de tipo crónico, de lento progreso y con tendencia a extenderse.

b. Tumores: los tumores son ocasionados por bacterias como *Agrobacterium tumefaciens*, la cual se evidencia como una producción en exceso de tejidos en la madera. Cuando se produce una herida o daño en el fuste, la bacteria es atraída por compuestos que la planta libera al suelo.

- c. Pudrición: la pudrición causa la descomposición de la madera debido a la presencia de hongos xilófagos, esta puede ser blanda, marrón o blanca.
- d. Grietas: son rajaduras que se producen por efecto de la tensión del árbol al crecer inclinado, por lo general se observan en forma paralela al troco. Las grietas se pueden confundir con aquellas cortezas que son de tipo fisurada o escamosa.
- e. Tronco hueco: la presencia de tronco hueco se evaluó con ayuda de un mazo de hule, para escuchar si el árbol se encontraba hueco. Si el árbol posee más de un tercio del fuste hueco se considera de alto riesgo, ya que el árbol pierde fuerza y la capacidad de mantenerse de pie.
- f. Obstáculos en el fuste: se determinó si existe alambre o algún otro material afectando el crecimiento del árbol.

Cuadro 2 Rubros evaluados para determinar el estado del fuste de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.

Categoría	Parámetro	Puntaje
Cancros	No presenta.	0
	Cancro junto a unión débil.	1
	Uno o varios cancos que afectan más de la mitad de la circunferencia del tronco.	3
Tumores	No presenta.	0
	Presenta tumores en tronco principal	1
Pudrición	No presenta.	0
	≤ 25% del tronco con pudrición avanzada	1
	Entre 25% y 50% del tronco con pudrición avanzada	3
	> 50% del tronco con pudrición avanzada	5
Grietas	No presenta.	0
	Grietas poco profundas	1
	Grietas profundas	3
Tronco hueco	No presenta tronco hueco	0
	Presenta tronco hueco	1
Obstáculos	No existe alambre o algún otro material afectando el crecimiento del árbol	0
	Existe alambre o algún material afectando el crecimiento del árbol	1

5.3.2.3 Copa

Se observó la presencia de ramas gruesas, el tipo de uniones entre ramas, la sanidad y altura de las ramas; además, se evaluó si existe contacto del individuo con el cableado eléctrico, cada condición tiene asignado un puntaje que representa el nivel de riesgo según las condiciones del individuo (Cuadro 3).

- a. La edad del árbol se evaluó en tres categorías: joven, adulto y senescente.
- b. Ramas gruesas:
 - Para el caso de árboles con un eje principal, se considera como ramas gruesas a las que se originan a partir del fuste, con un diámetro mayor a un tercio del diámetro medio a 1,3 metros desde la base del árbol.

- Los árboles que se bifurcan a una altura inferior a 1,3 metros se consideraron como individuos independientes, en este caso las ramas gruesas son aquellas con un diámetro mayor a un tercio del diámetro medido en la base del eje codominante.
 - Para los árboles que se bifurcan a una altura superior a 1,3 metros, las ramas gruesas corresponden a aquellas con diámetro mayor a un tercio del diámetro medido en la base del eje codominante.
 - En el caso de las palmeras, las cuales no desarrollan ramas o bifurcaciones, esta variable no aplica.
- c. Uniones débiles: Las uniones débiles se producen cuando dos o más troncos codominantes o un troco y una o varias ramas crecen formando un ángulo agudo.
- d. Sanidad: se evalúa la presencia de ramas muertas en peligro de caer o colgando.
- e. Altura: se debe determinar la altura a la cual se encuentran las ramas gruesas, si estas se ubican a más de cinco metros de altura representa un mayor riesgo de impacto.
- f. Obstáculos en la copa: los cables eléctricos, alumbrado público u otras infraestructuras que pueda obstruir el libre crecimiento de la copa debe contabilizarse para determinar acciones de mantenimiento.

Cuadro 3. Rubros evaluados para determinar el estado de la copa de los árboles urbanos en el distrito de San Vicente de Moravia, Costa Rica.

Categoría	Parámetro	Puntaje
Edad	Individuo joven	0
	Individuo adulto	1
Ramas gruesas	No presenta	0
	Menos de dos ramas gruesas en la misma dirección	1
	Dos o más ramas gruesas en la misma dirección	3
Uniones débiles	No existen uniones débiles	0
	Existen uniones débiles (varias ramas creciendo en el mismo punto).	1
Sanidad	No presenta ramas muertas o colgando	0
	Ramas muertas o colgando	1
Altura	No aplica	0
	Todas las ramas gruesas a menos de 5 m de altura.	1
	Ramas gruesas a más de 5 m de altura.	3
Obstáculos	No existen ramas en contacto al cableado eléctrico	0
	Existen ramas en contacto con el cableado eléctrico	1

5.3.3 Identificación y definición de variables de valor patrimonial

Las variables evaluadas para determinar el valor patrimonial de los individuos son adaptadas a la metodología de Polo y Paredes (2014), como se observa en el Cuadro 4. Los individuos evaluados corresponden a aquellos que por sus características de tamaño y forman, fueron considerados candidatos para la evaluación; o bien, por conocimiento previo a la medición se sabía de su relevancia para el sitio de estudio. Además, a cada individuo se le aplicó la matriz de riesgo para determinar si representa un peligro para la comunidad o la infraestructura.

A continuación, se describen las variables evaluadas para determinar el valor patrimonial.

- a. Nativo o exótico: Si el árbol, arbusto o palma es propio y restringido de la región, se determinará de forma *ex situ*, con base en la literatura.
- b. Rareza en la zona de estudio: Para determinar si existen pocos individuos de la misma especie se consultará a la base de datos generada en la valoración de riesgo.

- c. Forma poco habitual entre individuos de la misma especie: los individuos que en condiciones normales crecen de una manera determinada, por condiciones especiales tienen formas extrañas o curiosas.
- d. Avanzada edad a la que acompaña un magnífico porte: avanzada edad quiere decir que el árbol es centenario o mayor; el porte se refiere a la calidad estética.
- e. Notables dimensiones: el árbol tiene un gran tamaño.
- f. Ubicación: es importante el lugar donde se encuentra el ejemplar, los lugares con alto tránsito de personas tendrán un mayor impacto que aquellos que se encuentren más alejados.
- g. Ejemplar simbólico o emblemático: Para determinar si existe una interrelación del árbol con la comunidad, se realizará consultas a los vecinos que se encuentren próximos a la ubicación del árbol.
- h. Ejemplar histórico: Se analizará si el individuo tiene una importancia histórica, por medio de consulta a la comunidad.
- i. Ejemplar ligado a la tradición del lugar: el árbol es un elemento muy ligado a un lugar.
- j. Condición de generador de semillas: el árbol es un ejemplar que tiene una importancia genética prioritaria.
- k. Especies en riesgo: Ejemplares que albergan fauna o flora amenazada de extinción.

Cuadro 4. Matriz de valoración de árboles patrimoniales en el distrito de San Vicente de Moravia, San José, Costa Rica.

Variables	Condición	Puntaje
Origen	Exótico	0
	Nativo	1
	Endémico	2
Rareza	Muchos ejemplares	0
	Pocos ejemplos	1
Grado de amenaza	La especie no se encuentra amenazada	0
	La especie se encuentra amenazada	1
Forma	Forma natural habitual entre árboles de la misma especie	0
	Forma natural poco habitual entre ejemplares de la misma especie	1
Edad	< 100 años	0
	≥ 100 años	1
Diámetro	< 100 cm	0
	≥ 100 cm	1
Localización	Sitio de interés público	0
	Sitio aislado	1
Simbólico o emblemático	No existe relación con la comunidad	0
	Existe relación con la comunidad	1
Ejemplar histórico	El árbol tiene importancia histórica	0
	El árbol no tiene importancia histórica	1
Tradición	El árbol no está ligado a la tradición del lugar	0
	El árbol está ligado a la tradición del lugar	1
Fuente de Semilla	No es de importancia como fuente semillera	0
	Es de importancia como fuente semillera	1
Especies en riesgo	No sirve de nicho para especies amenazadas	0
	Sirve de nicho para especies amenazadas	1

5.4 Análisis de Datos

5.4.1 Análisis de las variables de riesgo

Estimación del Diámetro Cuadrático Medio (DCM)

Cuando se evaluaron árboles que presentaban tronco múltiple, el DCM se obtuvo a través de la Fórmula 1, esta nueva variable concierne al diámetro del área basal promedio.

$$DCM = \sqrt{\left(\frac{40.000}{\pi} * \frac{g}{n}\right)} \quad (1)$$

Dónde:

DCM: diámetro cuadrático medio

g: área basal

n: número de ejes (troncos) del árbol

Estimación del volumen total del árbol (V_t)

A partir del DCM se procedió a calcular el volumen del árbol, calculado como la suma del volumen del fuste (V_f) y el volumen de la copa (V_c). El volumen del árbol es la única variable independiente que se utiliza para la matriz de riesgo.

Volumen de copa (V_c)

$$V_c = \frac{\pi * (D_c)^2 * PC}{12} \quad (2)$$

Dónde:

V_c : Volumen de Copa

D_c : Diámetro de copa (m)

PC: Altura de copa (m)

Volumen de fuste (V_f)

$$V_f = \frac{\pi * (Dap)^2 * HT * f}{4} \quad (3)$$

Dónde:

V_f : Volumen del fuste en metros cúbicos

Dap: Diámetro de árbol medido a 1,3 m desde la base del árbol

H_f: Altura del fuste del árbol en metros

f: Factor de forma = 0,65

Una vez establecido el volumen total se determinó si este es mayor a 1 m³, si está entre 0,5 y 1 m³ o si es menor a 0,5 m³.

A cada una de las variables evaluadas en campo a nivel raíz, fuste y copa, sumado al volumen se le asignó un peso ponderado, con el fin de aplicar la matriz y determinar el nivel de riesgo de caída de los árboles (Cuadro 5). La distribución del peso se asignó basado en la metodología utilizada por la empresa GFS; sin embargo, para lograr un mayor entendimiento se definió basado en una escala de 100. Posteriormente se calificó el grado de cumplimiento de acuerdo con el peso ponderado de cada variable.

Cuadro 5. Ponderado asignado a cada variable evaluada para determinar el nivel de riesgo.

Sección	Criterios de evaluación	Peso ponderado
Fuste	Cancros	3%
	Tumores	3%
	Pudrición	9%
	Grietas	5%
	Tronco hueco	3%
	Obstáculos	3%
Copa	Edad	9%
	Ramas gruesas	3%
	Uniones débiles	6%
	Sanidad	6%
	Altura	2%
	Obstáculos	3%
Raíz	Inclinación	6%
	Tipo de raíz	9%
	Estado de raíz	9%
	Socavamiento	6%
	Pendiente	3%
	Obstáculos	9%
Volumen		3%
Total		100

Basado en el análisis de la matriz, se clasificó cada árbol conforme al nivel de riesgo, en total se determinaron 4 categorías de riesgo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Categorías de riesgo para el arbolado urbano.

Nivel de Riesgo	Rango
Riesgo bajo	0-25
Riego medio	25-50
Riesgo medio-alto	50-75
Riesgo alto	75-100

5.4.2 Análisis de las variables del valor patrimonial de los árboles

Como método para asignar el peso ponderado a cada variable se determinó que, fueran miembros de la comunidad de San Vicente quienes decidiera cuales variables son de mayor importancia para ellos; además, se les dio la posibilidad de modificar, descartar o elegir otras variables. Por tal razón, fue necesario conocer la percepción de los habitantes sobre los árboles patrimoniales, para ello se llevó a cabo un taller con miembros de la comunidad, al cual asistieron 13 personas con edades entre los 25 y 70 años (Figura 3). En la actividad se abarcaron otros temas afines al arbolado, como lo son: servicios ecosistémicos de los bosques urbanos, importancia, establecimiento y mantenimiento del árbol urbano y por último se desarrolló el tema de árboles patrimoniales.

La actividad realizada para conocer que peso ponderado se les daría a las variables consistió en hacer dos grupos entre los asistentes, a cada grupo se le entregó un conjunto de hojas, cada una de ellas representaba una variable, con el fin de lograr generar el dialogo entre la comunidad.



Figura 3. Taller del Árbol Patrimonial con miembros de la comunidad de San Vicente, Moravia (junio, 2019).

Como herramienta para sinterizar los datos recopilados, se utilizó el software Excel, para desarrollar una matriz que permita determinar si los árboles evaluados son considerados

patrimoniales. A cada variable se le asignó un valor ponderado, con base en los resultados obtenidos en el taller (Cuadro 7).

Cuadro 7. Peso ponderado asignado a cada variable evaluada para determinar si existen árboles patrimoniales.

Rubro	Valor Ponderado%
Edad	20
Valor Histórico	15
Origen	15
Simbólico	10
Diámetro	5
Tradicición	5
Localización	5
Grado de amenaza	5
Fauna o Flora en riesgo	5
Fuente semillera	5
Forma	5
Rareza	5
Total	100

5.4.3 Propuestas de manejo

Las propuestas de manejo fueron establecidas considerando tres panoramas según el análisis de los datos.

- a. Los individuos que actualmente se encuentran en alguna de las cinco categorías de riesgo (Cuadro 6), estas fueron dadas según el nivel de riesgo en el que se encuentra.
- b. Se hicieron recomendaciones de manejo para los individuos que no se encuentran en categoría de riesgo, al obtener un valor nulo en la matriz de evaluación. Sin embargo, algunos individuos pueden llegar a representar un peligro potencial por su condición de crecimiento o de sitio en el mediano y largo plazo.
- c. Se realizó un Plan Operativo proyectado en el tiempo para establecer cuales actividades tendrán prioridad.
- d. Por cada individuo evaluado se realizó una ficha técnica de forma digital utilizando el programa Microsoft Access® (Anexo 1). La ficha consiste en la recopilación de todas las variables evaluadas en campo. Esta herramienta permitirá dar un seguimiento periódico a los árboles y registrar el mantenimiento de los individuos.

Sistema de información geográfico

Una vez establecida la base de datos, la misma se importó al programa QGIS *versión 2.18.11*. En el software se puede observar la ubicación de los árboles distribuidos por todo el distrito. Con ayuda de la herramienta de procesos “Create wedge buffers”, se estimó visualmente el área de impacto del cada individuo; para lo cual, se tomaron en cuenta las variables dirección de caída (azimut), diámetro de copa (DC), y altura total (HT), con el fin de generar una zona de impacto como se muestra en la Figura 4.

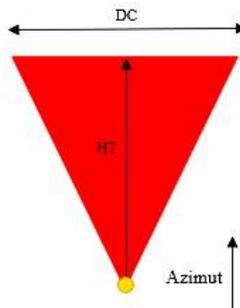


Figura 4. Representación gráfica de la zona de impacto de un árbol (triángulo rojo), el punto amarillo representa la ubicación del individuo.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Diagnóstico del arbolado urbano

A partir del censo realizado, se evaluaron 915 ejes, distribuidos en 655 individuos pertenecientes a 92 especies y, distribuidas en 33 familias. Del total de individuos un 45% (299) se localiza en aceras, mientras que el 55% (356) restante en parques (Cuadro 8), de los cuales durante los días de medición se pudo observar que el Parque Los Robles, el Parque Recreativo del Norte y el Parque Abraham Lincoln presentaban un mayor número de usuarios y transeúntes. Cabe destacar que estos parques son los que poseen un mayor número de individuos.

Cuadro 8. Número de individuos evaluados por parque en el distrito de San Vicente, Moravia, Costa Rica.

Parque recreativo	Número de individuos
Parque Los Robles	128
Parque Recreativo de Norte	122
Parque Abraham Lincoln	45
Parque Urbanización Las Rosas	20
Parque Los Cases	16
Parque Colegio de Contadores Públicos	10
Parque infantil Urbanización	7
Pequeño Parque Guaría Oriental	5
Parque Urbanización Saint Clare	2
Parque El Higuierón	1

La distribución del origen de las especies encontradas es relativamente uniforme, se encontró que un 57% son nativas (52) y un 43% exóticas (40); sin embargo, debido a que un gran número de especies nativas se ven representadas por un solo ejemplar, se observó que la relación con respecto al número de individuos es de un 47% nativas y un 53% exóticas (Cuadro 10).

Con respecto a las palmeras, se censaron 19 individuos, de los cuales 17 se ubican en aceras y dos en parques. Los individuos pertenecen a las especies: *Dypsis lutescens*, *Cocos nucifera*, *Washingtonia filifera*, *Roystonea regia* y *Syagrus romanzoffiana*.

Con respecto a la distribución de las especies Santamour (2004), propone no plantar en sitios urbanos más de un 10% de individuos de la misma especie, este criterio se ha utilizado como una medida de protección frente al ataque de alguna plaga, con el fin de evitar la muerte masiva de individuos. En el caso de San Vicente, *Tabebuia rosea* es la especie más abundante y representa un 9,45% del total (Anexo 2). Es importante destacar que, de igual manera es necesario mantener la diversidad genética de las especies, por lo que la selección de las plantas desde el vivero y antes del establecimiento será fundamental para lograrlo, es necesario seleccionar el material genético de diferentes procedencias, para asegurar que la especie tenga la posibilidad de sobrevivir ante el ataque de alguna plaga.

La clase diamétrica domináandote respecto a la altura incluyó árboles de 5 a 15 m (76%) (Figura 5B). mientras que la clase diamétrica más frecuente es la de 10-20 cm (30%) (Figura 5B). La media del diámetro es de 37,4 cm; mientras que para la altura es de 11,7 m.

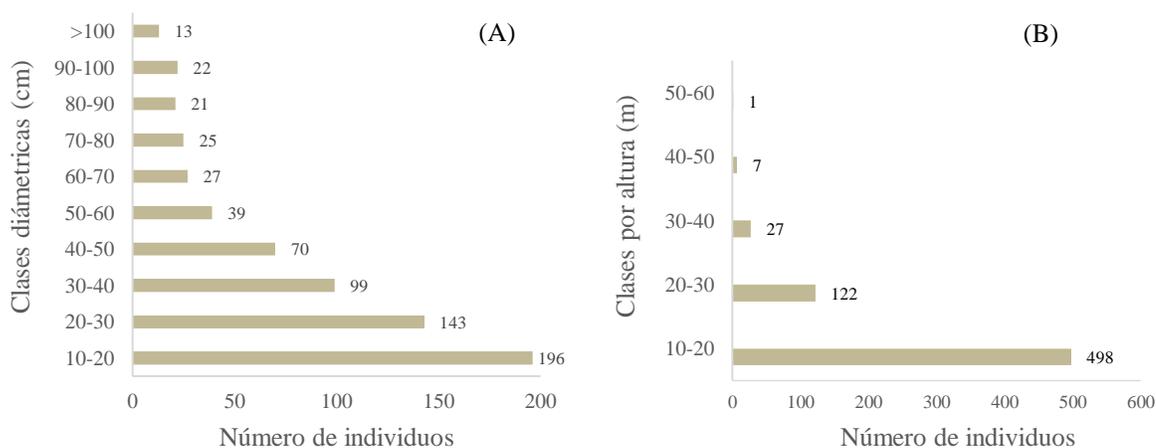


Figura 5. Distribución de clases diamétricas (A) y por altura (B) de los árboles evaluados en el distrito de San Vicente, Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

El diseño, la planificación y la gestión de los bosques urbanos debería considerar una distribución adecuada que permita proyectar la senescencia de los árboles, la remoción y muerte de los individuos (Calaza, Cariñanos, Escobedo, Schwab y Tovar, 2018); para lo cual, la distribución diamétrica brinda un primer panorama de la edad de los individuos. Aunque la distribución diamétrica ideal no existe (Calaza, 2019), autores como Richards (1983) recomienda que en la primera clase diamétrica haya un mínimo del 40% del total de los individuos (Figura 6); sin embargo, hace falta alrededor de un 10% para cumplir con lo recomendado. Por otro lado, las clases diamétricas de 20-40 cm y las mayores a 60 cm sobrepasan en casi un 10% lo recomendado por autor. De manera general se puede decir que la edad de los individuos se encuentra en el marco de lo recomendado para sitios urbanos.

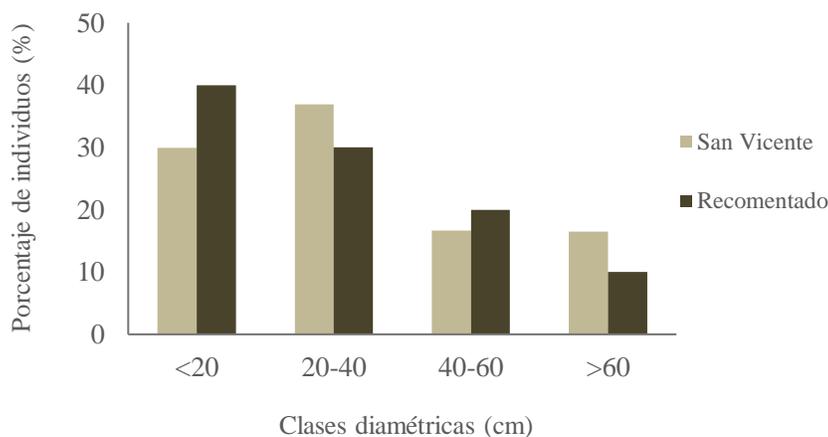


Figura 6. Distribución diamétrica recomendada por Richards (1983) comparada con la distribución diamétrica de los individuos de San Vicente de Moravia (junio, 2019).

En campo se evaluaron seis variables aparte de las utilizadas para la matriz de riesgo, con el fin manejar un panorama más integral del arbolado y además, que sirva para la toma de decisiones en el momento de definir el Plan de Mantenimiento. A continuación, se discuten las variables antes mencionadas.

Rebrotos basales

Los brotes que se forman en la base del árbol pueden llegar a constituirse de dos formas, en primer lugar aquellos que provienen de la raíz del individuo (Figura 7A), y en segundo lugar,

aquellos brotes epicórmicos que algunas especies suelen desarrollar por un daño mecánico, como las podas mal ejecutadas (Figura 7B); ambos, representan una desgaste fisiológico para el individuo por lo que es preciso eliminarlos de manera oportuna (Moreno y Hoyos, 2015), un total de 25 individuos presentaron esta condición en algún grado.



Figura 7. Rebrotos basales (A) y epicórmicos (B) de los árboles evaluado en San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Desmoche

Un total de 26 individuos presentan desmoches, aunque solo representan un 4% de los datos pueden llegar a significar un riesgo para la comunidad, debido a que pueden iniciar un proceso de descomposición de la madera. Los árboles que se encuentran paralelo a la acera son los que mostraron mayor incidencia, esto se debe principalmente a la interferencia que tiene con el cableado eléctrico, paso de vehículos, e incluso inconvenientes con los vecinos de la comunidad quienes en muchos casos son los responsables de hacer el desmoche para evitar la hojarasca, o frutos. Las especies más afectadas corresponde a *Casuarina equisetifolia*, seguida *Ficus benjamina* y *Ficus pertusa*.



Figura 8. Árboles desmochados (A) y (B), en San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Muérdago:

Solo un 4% (26) de los individuos se encuentran con presencia muérdago, aunque es un porcentaje relativamente bajo, es importante realizar un programa de manejo, ya que si no se controla puede llegar a representar múltiples problemas para los árboles. Cuando la densidad del muérdago es alta, el peso que este ejerce sobre las ramas puede llegar a producir la fractura (Valencia, 2009); además, limita la capacidad de fotosíntesis del árbol hospedero, cuando se da un alto porcentaje de cobertura de la copa. Los programas de manejo del muérdago se basan en podas, aplicación de productos químicos y manejo silvícola (Geils et al., 2002). Por otro lado, Rivas (2015), recomienda el control físico, el cual consiste en desplazarse por las ramas afectadas desprendiendo el muérdago de forma manual, para esto recomienda la técnica de trepa

con cuerda y arnés que no genera lesiones en el árbol y permite una mejor movilidad del operario.

Fauna:

Se observó una gran abundancia de roedores, nidos y diversidad de especies de aves perchando en las ramas de los árboles, entre ellas destaca la presencia de nidos de pájaros carpinteros, los cuales establecen sus nidos en el tronco de los árboles. Esta información es tomada en cuenta a la hora de establecer las medidas de mantenimiento de los árboles.

Espinas y aguijones

Erythrina poeppigiana es la única especie que presenta aguijones, la misma se ubica en parques infantiles donde es común que los niños escalen los árboles, esto puede llegar a generar accidentes. Para evitar este tipo de conflictos es necesario colocar como medida preventiva una barrera de protección en la base del árbol, para evitar inconvenientes. Por otro lado, *Citrus spp* es la única especie con espinas; sin embargo, esta se encuentra en una acera, es evidente que no se le ha hecho ningún tipo de mantenimiento, por lo que posee ramas que salen de la base del fuste, las cuales llegan a abarcar cierto porcentaje de la acera. En este caso es recomendable realizar una poda de elevación de copa.

Podas:

El mantenimiento que se realiza en los árboles urbanos es clave para asegurar y disfrutar de los servicios ecosistémicos que brindan. La poda es la técnica de mantenimiento más utilizada, por lo que juega un papel fundamental en el desarrollo de los individuos. Para el caso de San Vicente, el 80% de los individuos tiene podas mal ejecutadas y solo el 20% se realizaron correctamente.

Los principales parámetros que reflejan estos desfavorables resultados son en primer lugar, la técnica utilizada, ya que el corte no se hace en el collar de la rama, sino que se dejan grandes muñones y estos ya han iniciado un proceso de pudrición. Se deduce una falta de capacitación de parte del personal que ejecuta las podas. En segundo lugar, las herramientas utilizadas no son

las indicadas para el trabajo, ya que no se observan cortes limpios, sino que, por el contrario, se aprecian astillas y una superficie de muñón irregular con leves desgarres, posiblemente por utilizar un instrumento con poco fijo o un cuchillo. (Figura 7A). En tercer lugar, no se mantiene el equilibrio de la biomasa aérea, lo que provoca una sobrecarga en la copa en una sola dirección. Por último, el uso de pinturas “cicatrizantes” no forma parte de la poda, pero ha sido un complemento de esta actividad por motivos culturales y se ha realizado en zonas urbanas; sin embargo, el uso de cicatrizantes no asegura una buena cicatrización y esta práctica se observa con frecuencia en los árboles que han sido podados (Figura 7B).

Por otro lado, los árboles bien podados presentan un proceso de compartimentalización exitoso, donde es posible observar un callo bien formado (Figura 7C), el área de corte totalmente compartimentalizada (Figura 7D) o en dado caso el ángulo de corte correctamente establecido, sin exceso de muñones.

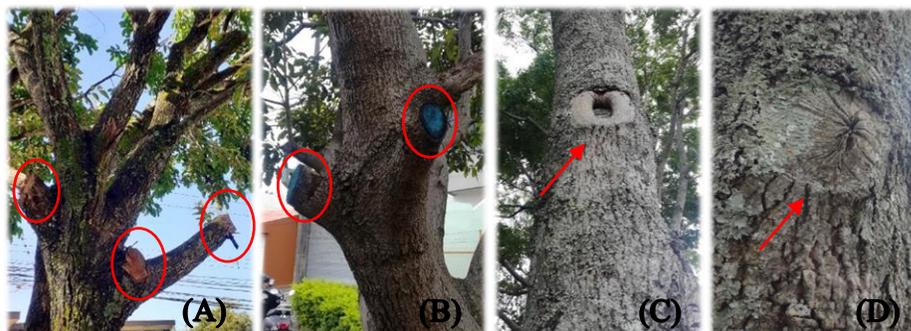


Figura 7. Árboles podados en el distrito de San Vicente: (A) Podas realizada con machete y presencia de grandes muñones, (B) Pintura “cicatrizante” en muñones de gran tamaño, (C) el callo muestra una correcta compartimentalización, (D) proceso de compartimentalización finalizado. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

6.1.1. Diagnóstico de la Evaluación de Riesgo

6.1.1.1. Diagnóstico de las variables de raíz

Una de las limitantes en el presente estudio, que limitó conocer con mayor precisión el estado de las raíces fue la falta de equipo especializado. Las observaciones en cuanto a las variables de raíz se hicieron de forma visual, tomando en cuenta que el árbol puede llegar a representar en la copa y fuste las deficiencias nutricionales y problemas que esté presentando en las raíces.

La variable de mayor incidencia para la sección de raíces corresponde a la presencia de obstáculos, seguido del estado y el tipo de raíz (Figura 8).

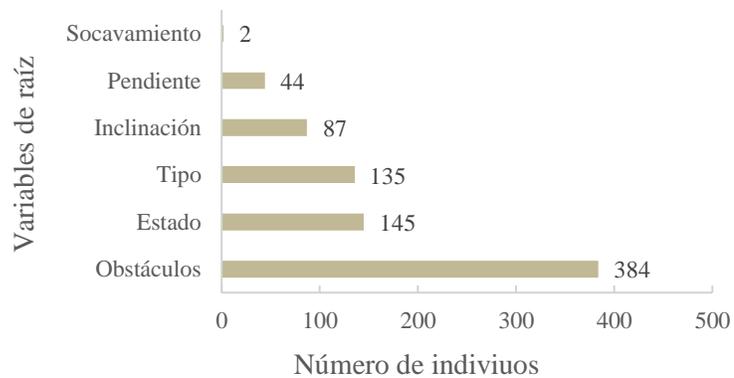


Figura 8. Número de individuos que presentaron problemas por variable de raíz analizada. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Exposición

El 21% (135) de los individuos presenta raíces expuestas, de los cuales 88 se encuentran ubicados en acera. Esta variable es importante a tomar en cuenta ya que, uno de los mayores conflictos que tiene el arbolado urbano es con el sistema radical.

Estado de las raíces

Con respecto al estado del sistema radical, 33 individuos (5%) presenta algún tipo de pudrición en las raíces, mientras que un 112 (17%) presentan algún tipo de estructura que ahogue el sistema radical, principalmente lo que son aceras y alcantarillado. Las especies que presentaron mayor problema corresponden a *T. rosea*, *C. equisetifolia* y *F. benjamina*. Ningún individuo presentó más de la mitad del sistema radical eliminado o machacado. Sin embargo, existen casos en donde una parte del sistema radicular fue eliminado para la instalación de aceras (Figura 9A). Aunque la matriz de riesgo toma en cuenta sólo si se ha eliminado el 50% del sistema radicular, es necesario ajustar esta variable para que contemple en mayor medida si se ha eliminado alguna parte de dicho sistema (Figura 9A.)

Conocer y mejorar las condiciones en las que se encuentran las raíces de los árboles urbanos es importante considerando que, en los primeros 100 cm de profundidad se encuentran las raíces laterales y a medida que esta va engrosando (crecimiento secundario) ejerce una mayor presión sobre las estructuras cercanas (Fernández y Vargas, 2011).

De los 145 árboles que se encuentran en conflicto con la infraestructura gris, 101 se ubican en aceras, en la mayoría de los casos el inconveniente se debe a la incorrecta selección de especies, sumado al espacio en el que se encuentran, ya que este no supera un metro de ancho y presenta un alto nivel de compactación. Este factor altera la estructura y función del ecosistema urbano generando a su vez los denominados deservicios (trade-offs) ya que traen consecuencias negativas para la vida humana (Dobbs, Escobedo & Zipperer, 2011). Esto no solo genera perjuicios económicos para las municipalidades por costos de reparación de aceras y remoción de especies, sino que, interfiere con el bienestar y la movilidad activa de la ciudadanía. Es importante tener en cuenta que, una acera levantada representa un riesgo para quienes diariamente transitan por el lugar, generando un mayor conflicto para aquellas personas con movilidad limitada (adultos mayores, personas no videntes, personas en sillas de ruedas, mujeres embarazadas, etc).



Figura 9. Árboles que presenta raíces expuestas y en conflicto con aceras: (A) Árbol de Casuarina al cual se le eliminó parte de las raíces; (B) Árbol de casuarina ocasiona el levantamiento de la acera. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Socavamiento de terreno

Las raíces de los árboles desempeñan una función ecológica clave para el sostén de los suelos, ya que forman una clase de malla que permite el amarre de los suelos y de ese modo evita los procesos de erosión (Valdés, 2010), los cuales se pueden dar la acción de diversos factores como viento y agua (FAO, 2019). Con respecto a sitios que presentan socavamiento del terreno, se evaluó si existe pérdida de cobertura del suelo, solo dos individuos presentaron esta condición, las especies corresponden a *C. equisetifolia* en un parque público (Figura 10A) y *Delonix regia* la cual se encuentra paralelo a la acera (Figura 10B).



Figura 10. Árboles que presenta socavamiento del terreno. San Vicente de Moravia, Costa Rica. (junio, 2019).

Pendiente

El 93% de los árboles se encuentran en una superficie plana, con una inclinación menor a 5°. El 6% de los individuos se encontraban en una pendiente entre 5°-30° y solo dos individuos (0,31%) se encuentran en una pendiente mayor a 30°, por lo que el sitio de estudio puede considerarse plano.

6.1.1.2. Diagnóstico de las variables de fuste

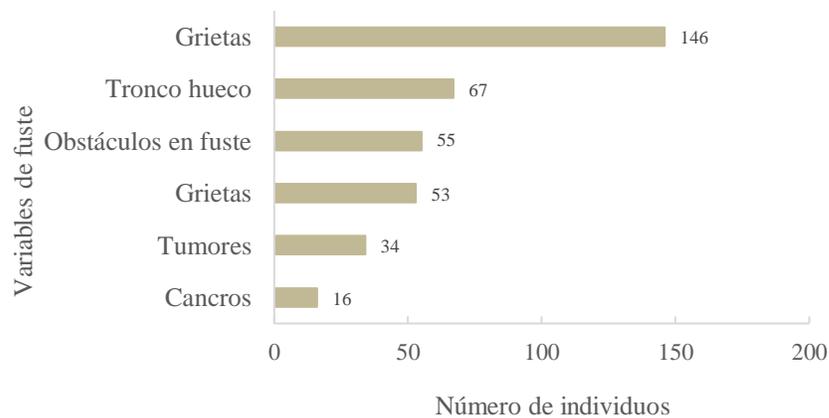


Figura 11. Número de individuos que presentaron problemas por variable de fuste analizada. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Cancros

El análisis de los datos demuestra que, a nivel de cancros, solo seis de los individuos presentaron algún tipo de evidencia de cancros en el fuste. La especie que presentó con mayor frecuencia este problema corresponde a *Eucalyptus saligna*, con un total de 11 individuos, los cuales en su mayoría se ubican en el Parque Recreativo del Norte.

Tumores

Las especies de *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus spp* y *Ficus spp* han sido utilizada para arboricultura urbana en países del trópico, por su rápido crecimiento, gran porte y escaso mantenimiento (Castillo y Armando, 2015). Sin embargo, el desconocimiento en cuanto al establecimiento, hábito de crecimiento, vulnerabilidad a plagas y enfermedades, con el tiempo generaron múltiples inconvenientes con el entorno. *Casuarina equisetifolia* es la especie que presenta un mayor número de individuos con tumores, 11 en total, de los cuales la mayoría se encuentran en el Parque Los Robles. Es claro que los individuos de esta especie al alcanzar la madurez empiezan a mostrar un avanzado deterioro, no solo muestran un gran número de tumores en el fuste: si no que, presentan grietas de gran tamaño, dichas aberturas se extienden en el interior del fuste formando aberturas en forma de “C”, además, llegan a presentar pudrición y síntomas necróticos (Figura 12).



Figura 12. Árboles de *Casuarina equisetifolia* con presencia de tumores en el Parque Los Robles, San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Pudrición

El 90% de los individuos presentó algún tipo de pudrición, las especies *C. equisetifolia*, *Eucalyptus saligna* y *Ficus benjamina* son las que representan un mayor número de individuos en alguna categoría de pudrición. En muchos casos se observó que la pudrición se originó por heridas que el árbol no tuvo la capacidad de compartimentalizar, debido a la mala técnica de poda.

Grietas

Con respecto a las grietas un 78% de los individuos presenta grietas profundas, mientras que un 7% presentan grietas poco profundas. Esta condición en muchos casos se debe a la tensión que se genera en el árbol por las fuerzas del viento, o cuando se encuentran inclinados.

Tronco hueco

Determinar si el tronco estaba hueco y en qué porcentaje fue una de las variables más difíciles de medir ya que el mazo utilizado limitaba la comprobación de esta variable. Para el caso de San Vicente el 10% de los individuos presentan tronco hueco.

Obstáculos de fuste

El 8% de los individuos (55) posee obstáculos en el fuste, se observa con mayor frecuencia el uso de cables, mecate, clavos, basura, blocs de cemento, llantas y anuncios publicitarios. El mayor problema de estos materiales consiste en que el árbol en su crecimiento absorbe los objetos que se encuentran en el fuste y esto modifica y altera la estructura del individuo, volviéndolo más susceptible a fallos mecánicos, pudrición y ataque de plagas y enfermedades (Figura 13).



Figura 13. Daños más comunes en el fuste de los árboles evaluados. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

6.1.1.3. Diagnóstico de la variable de copa

En la copa los principales problemas que se encontraron corresponden a daños mecánicos causados por vehículos y relacionados con las podas, además daños antrópicos (Figura 14).

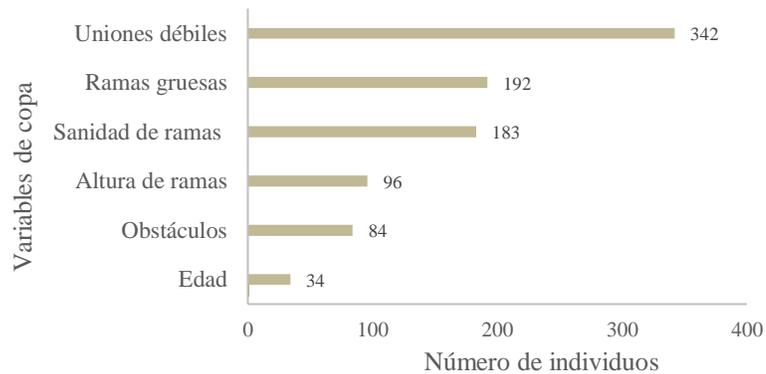


Figura 14. Número de individuos que presentaron problemas por variable de copa analizada. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Edad

Para la variable edad, se encontró que un 95% de los individuos son adultos, mientras que un 5% son individuos senescentes, este dato concuerda con lo que se observa en la Figura 4A en donde las clases diamétricas con un mayor número de individuo corresponde a la de 10 a 20m y de 15 a 25 m.

Ramas gruesas y altura

El 29,3% de los individuos (192) presentan más de dos ramas gruesas en la misma dirección, esta es una condición no deseada, ya que aumenta el riesgo de falla de los árboles. La ubicación vertical y horizontal de las ramas es muy importante cuando evaluamos el riesgo, ya que estas deben estar adecuadamente espaciadas a lo largo del tronco, por lo que se debe controlar y mantener el equilibrio radial de las ramas.

Sanidad

De igual forma el 28% de los individuos (183) presentaron ramas muertas o colgando, una de las principales causas de este defecto son las podas antitécnicas, en las que se dejan muñones de gran tamaño, lo cual genera la pudrición y muerte de la rama; por otro lado, en los árboles ubicados en acera, la principal causa corresponde al daño hecho en la parte baja de la copa por vehículos de gran tamaño como camiones, trailers. En el caso de las palmeras también se notó que en especies como *Washingtonia filifera*, existe una excesiva acumulación de hojas muertas, que no se han retirado y se encuentran acumuladas en el estípite (Figura 15).



Figura 15. Estado de las hojas de palmeras. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Uniones débiles

Un 52% de los individuos poseen uniones débiles (Figura 16), Saavedra-Romero, Alvarado-Rosales, Martínez-Trinidad, & Hernández de la Rosa (2019) consideran este defecto como una inminente probabilidad de fallo y por eso se recomienda podar las ramas con uniones débiles cuando los árboles son jóvenes, así como la eliminación de las horquillas del tronco.



Figura 16. Árboles con uniones débiles. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Obstáculos aéreos

Los obstáculos a nivel de copa que presentaron mayor frecuencia corresponden a cableado eléctrico que se encuentra sobre las aceras, ya que las especies utilizadas para la reforestación en estas zonas no son las adecuadas, un caso muy claro son las araucarias (Figura 17), especie que puede alcanzar los 30 m de altura, y que además desarrolla copas muy amplias y extendidas por lo que necesita lugares abiertos para su crecimiento (Rojas et al, 2016). Otro factor de riesgo es la ubicación de postes con transformadores, que se encuentran en contacto con los individuos.

Las especies *Tabebuia rosea*, *Cupressus lusitanica*, *Bauhinia spp*, *Araucaria hunsteinii* y *Casuarina equisetifolia*, las cuales tienen una altura promedio de 10, 6, 5 y 18,5 m. En el caso de las casuarinas solo tres individuos se localizan aceras; sin embargo, han sido desmochados.



Figura 17. Obstáculos más frecuentes en la zona área del árbol. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Inclinación

Con respecto a la inclinación de los árboles, este parámetro mostró un comportamiento muy variable, ya que van desde los 0° a 82° (Figura 18). El 13% de los individuos (87) poseen una inclinación mayor a 40° , aunque es un porcentaje relativamente bajo, no es recomendable que los árboles urbanos superen una inclinación de 40° . Moreno y Hoyos (2015) reitera la importancia de que los árboles que se van a establecer en sitios urbanos hayan pasado por un proceso que los preparen para crecer en ambientes adversos, este acondicionamiento genera una lignificación, indispensable para aumentar la sobrevivencia.



Figura 18. Frecuencia de individuos según grados de inclinación. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Volumen

Una vez establecida la base de datos se procedió a determinar el volumen, para lo cual se utilizaron las Fórmulas 1 y 2; sin embargo, es importante destacar que estas fórmulas proporcionan un valor aproximado del volumen real del individuo, ya que, para la mayoría de las especies utilizadas para arboricultura urbana, no existen fórmulas alométricas que permitan calcular con exactitud el volumen de los árboles. Estos estudios se han limitado para especies en plantaciones forestales, destinadas al aprovechamiento de madera, lo cual no es común en el caso de las especies utilizadas en sitios urbanos.

6.1.1.4. Categorías de riesgo

La categoría de riesgo para cada individuo se obtuvo como la suma de la multiplicación del peso ponderado por el puntaje o grado de cumplimiento de las variables de raíz, fuste, copa y volumen. En la categoría de *riesgo bajo* se registraron un total de 329 individuos, en la categoría de *riesgo medio-bajo* se encontraron 316, mientras que en la categoría de *riesgo medio* se registran solo 10 individuos y en las últimas dos categorías *riesgo medio-alto* y *alto* no se encuentra ningún individuo (Figura 19).

Aunque la matriz permite visualizar y describir la condición en la que se encuentra cada ejemplar, los resultados verdaderamente no están reflejando la condición de algunos individuos, esto puede estar ocasionado por diversos factores como el peso ponderado asignado a cada variable, ya que puede que este no refleje verdaderamente la significancia de la variable, por lo que habría que hacer una reevaluación de cada una del valor ponderado, el cual fue asignado por la empresa GFS. Por otro lado, la variable *volumen* al ser una estimación puede que en algunos casos esté subestimando el volumen real de los individuos, que no solo por su tamaño sino, por la suma de otros defectos sumados a su gran biomasa, representan un mayor riesgo.

También puede existir otra fuente de sesgo en la evaluación de algunas variables como *tronco hueco*, ya que el instrumento de medición utilizado era poco especializado y dependía de la escucha de la persona que realizaba la medición, esta capacidad auditiva puede verse afectada por el ruido de la ciudad como el que es producido por el alto tránsito de vehículos.

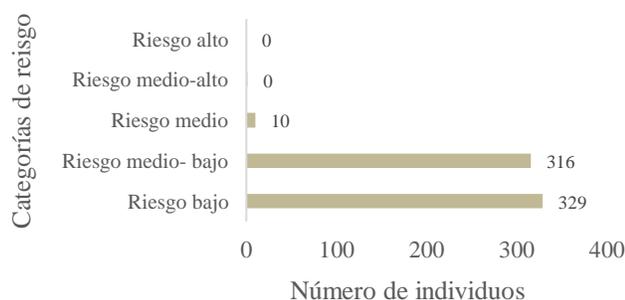


Figura 19. Número de individuos por categoría de riesgo. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

Considerando que la matriz permite disminuir la subjetividad a la hora medir y brinda la posibilidad de estandarizar los resultados de una evaluación de riesgo, es necesario no olvidar que el criterio del evaluador no se puede dejar de lado, ya que cada ejemplar en la ciudad presenta condiciones morfológicas y de sitio muy específicas y casi irrepetibles.

Teniendo en cuenta lo anterior se visualizó en QGis 3.4.12 la proyección de caída de los árboles con ayuda de la herramienta *Create wedge buffers* (Figura 20). En el caso de los árboles que bifurcaban a una altura menor a 1,3 m de altura y que tenían diferente dirección de caída, se proyectó cada uno de los ejes como se muestra en la Figura 20B.

Existen casos en los que no era posible determinar una dirección de caída debido a la rectitud de los individuos, para estos casos no se estableció una proyección de caída.

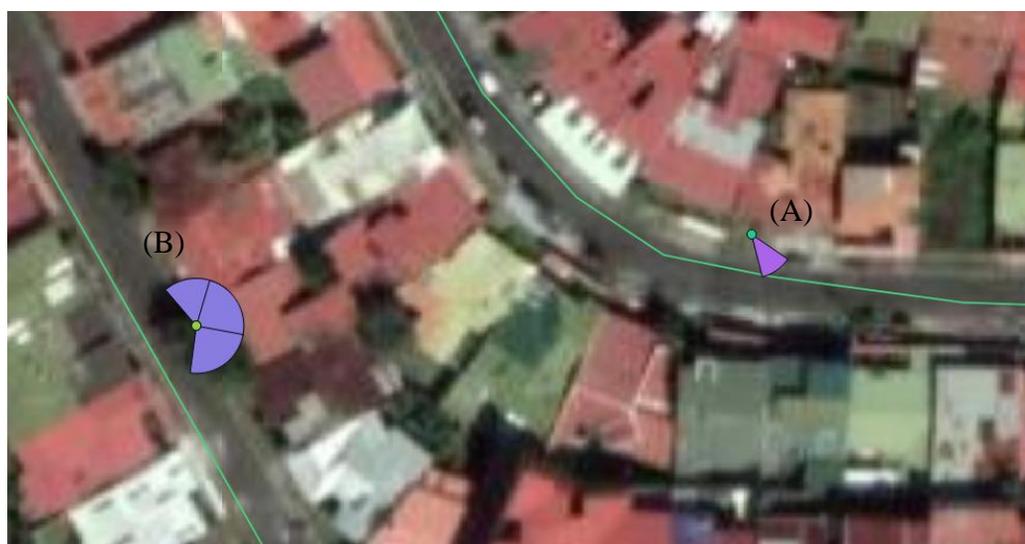


Figura 20. Proyección de área de impacto generada con la herramienta “Create wedge buffers” de QGis 3.4.12. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

6.2 Diagnostico de Árboles Patrimoniales

Se identificaron dos árboles de la especie *Ficus jimenezii* como posibles árboles patrimoniales. El primer árbol identificado con el consecutivo SV95 se ubica en el Parque El Higuerón, el cual

se encuentra a 2,5 km del centro de San Vicente. Este individuo de gran tamaño es el único árbol que se encuentra en el parque (Figura 21), posee un DAP de 2 m, un diámetro de copa de 35 m y una altura de 22 m. Una vez aplicada la matriz de árbol patrimonial, el individuo (SV92) obtuvo una puntuación de 50 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Ranking de los árboles patrimoniales de San Vicente de Moravia

Rubro	Peso Ponderado%	SV92	SV279
Edad	20	20	20
Histórico	15	-*	-*
Origen	15	15	15
Simbólico	10	0	10
Diámetro	5	5	5
Tradicición	5	5	0
Localización	5	0	5
Grado de amenaza	5	0	0
Fauna o Flora en riesgo	5	0	0
Fuente semillera	5	0	0
Forma	5	5	5
Rareza	5	0	0
Total	100	50	60

-*: No hay información al respecto

Ficus jimenezii es una especie nativa y de gran abundancia en la zona (Cuadro 10). Con respecto a la edad, es claro que se trata de un árbol centenario de avanzada edad; sin embargo, luego de consultarle a vecinos de la comunidad, al periódico local y funcionarios de la municipalidad se determinó que no existe información respecto al año del establecimiento, ya sea que haya sido plantado o haya llegado al sitio por regeneración natural. Debido a esta falta de información tampoco se pudo determinar si el individuo está vinculado con algún hecho histórico que involucre a la comunidad; sin embargo, en la calle frente al parque todos los sábados se lleva a cabo la Feria del Agricultor, en dicha actividad las personas de la comunidad llevan sus productos agrícolas para el comercio local.

Según la evaluación de podas, éstas han sido mal ejecutadas, se han realizado podas excesivas en algunas ramas en las cuales el muñón llega a medir hasta 3 metros de largo, justamente esta rama se encuentra muy cerca del área de juego de niños. Las podas en individuos adultos, o que

inician la etapa de senescencia, solo debe realizarse para minimizar el riesgo con el entorno, este tipo de podas mal ejecutadas incrementan el riesgo de falla del árbol.

Con respecto al estado fitosanitario, se observan exudaciones como síntoma de pudrición, las horquillas que se ubican en la zona superior están generando una acumulación de agua, el cual genera al individuo un exceso de humedad y puede provocar pudriciones.



Figura 21. *Ficus jimenezii* SV95 categorizado como árbol patrimonial. San Vicente de Moravia, Costa Rica (junio, 2019).

El segundo árbol ubicado en el Parque Los Robles, identificado con el consecutivo SV279, se encuentra a 200 metros del centro de San Vicente, posee un dap de 2 m, un diámetro de copa de 35 m y una altura de 20 m. Este individuo en cuanto a las variables evaluadas se diferencia del primero en que posee un reconocimiento el árbol más viejo de Moravia, y la cercanía que tiene al centro de la ciudad. El reconocimiento se hizo el año 2004 por el Concejo Municipal, en la base del árbol se le colocó una placa en donde se especifica el nombre de la especie y se declara el árbol más viejo del cantón. El árbol se ubica en uno de los bordes del parque, de tal forma que en años anteriores las raíces se expandieron hasta entrar en contacto con la acera y la calle e impedían el paso de las personas por el sitio, es por esto que en el año 2018 se diseñó una

estructura de madera que cumple la función de puente y permite la movilidad de las personas causando el mínimo daño al sistema radicular, esto muestra un gran respeto por el individuo; por lo tanto, es considerado un símbolo para la comunidad (Figura 22).

En referencia al estado fitosanitario del árbol, se observan ramas muertas con un grado leve de pudrición y vecinos reportan la caída de algunas ramas, esto lo puede estar causando la estrangulación, el poco espacio para crecer que existe en el sistema radical: además, de que para la construcción del puente fue necesario la eliminación de una pequeña parte de las raíces.



Figura 22. *Ficus jimenezii* SV279 declarado el árbol más viejo del cantón. Foto: Warner Rojas (2018)

Por otro lado, *Bixa orellana* es una especie que pertenece a la familia Bixaceae es un arbusto mediado y a pesar de no aparecer en el inventario es una especie que ocupa un lugar importante dentro de la identidad y memoria histórica del pueblo de Moravia, es por ello a las personas del lugar se les conoce como “los achioteros”. En el 2009, el Concejo Municipal de Moravia acordó celebrar el “Día del achiote”, el 15 de mayo de cada año, según lo establecido, la celebración consiste en una feria cantonal que sirve como medio para rescatar y difundir prácticas culturales relacionadas a esta semilla (Valverde, 2009). Las personas de la comunidad que asistieron al taller comentaron la importancia de esta especie, ya que Moravia antes era una comunidad dedicada a la producción del café y utilizaba esta especie para brindarle sombra. De ahí su deseo de que las nuevas generaciones tengan la oportunidad de conocer esta especie, ya que son cada vez menos los ejemplares que se logran ver por las calles o espacios recreativos.

Esta es una especie con mucho potencial para ser utilizada para reforestación urbana, ya que es una especie que logra adaptar fácilmente a suelos pobres y ácidos, es de rápido crecimiento y puede llegar a alcanzar alturas de 5 a 10 m con un diámetro a la altura del pecho de 10 a 30 cm. Según Hetzel y Martínez (2010), posee una copa amplia y extendida es resistente al fuego, a vientos, sequías, plagas y enfermedades, y ha sido muy utilizada como planta ornamental por sus llamativas flores blancas o rosadas, y sus frutos rojos espinosos, los cuales le dan un aspecto llamativo.

6.3 Propuesta de manejo

Con base en los resultados obtenidos y las observaciones de campo se definió el mantenimiento que requieren los árboles, arbustos y palmeras. Debido al estado actual de las podas se dio mayor énfasis a los tipos, técnicas y equipo especializado para mejorar la condición de los árboles en este aspecto. Además, se recomiendan métodos de manejo propios de la arboricultura moderna.

La propuesta de manejo está enfocada en árboles ya establecidos. Aunque el establecimiento de los árboles es de vital importancia para su desarrollo como adultos, no fue considerado en la metodología, por lo que el manejo se concentrará en las técnicas para el mantenimiento de los árboles adultos.

Dado que cada individuo presenta condiciones propias de la especie y de sitio, se diseñó en el software Microsoft Access®, una ficha por árbol con toda la información que se recolectó en campo, en la cual se especifica el manejo recomendado para cada individuo (Anexo 2). En el caso de los árboles desmochados la principal recomendación es la eliminación y sustitución del individuo. La presencia de ramas muertas definió la necesidad de realizar podas de sanidad, así como el contacto con cableado eléctrico determinó la necesidad de podas de liberación de líneas eléctricas. Además, se consideraron aspectos como la presencia de nidos, al momento de recomendar podas, ya que se pretende que las labores de mantenimiento no afecten negativamente a la fauna local o transitoria.

Como parte de la propuesta se debe establecer un sistema de auditoría luego de realizadas las podas o cualquier otro tratamiento, ya sea que se contrate el servicio o sea realizado por los operarios de la municipalidad. La evaluación debe ser ejecutada por un profesional con conocimiento en el tema, con el fin de controlar y monitorear el mantenimiento de los árboles.

La propuesta de manejo se presenta en el Capítulo 7 del presente documento.

7. PROPUESTA DE MANEJO

7.1 Intervenciones

Las intervenciones se basan en los resultados de la evaluación del riesgo de los individuos. El planteamiento de estas intervenciones se realizó tomando en cuenta la categoría de riesgo en la que se encuentre: *bajo, medio-bajo, medio, medio-alto y alto*. Esta clasificación será clave para determinar si se realizaran las intervenciones en el corto, mediano o largo plazo y abarcan medidas de carácter preventivo y correctivo según corresponda.

El corto plazo se definió como aquellas intervenciones que requieren acción en un tiempo máximo de seis meses, en el mediano plazo se realizarán aquellas acciones que requieren ser ejecutadas en un tiempo de uno a dos años y el largo plazo se refiere a aquellas acciones que requieren acción en un tiempo de dos a cuatro años.

7.2 Propuesta operativa

Antes de realizar las operaciones de campo es de vital importancia que el personal técnico a cargo esté capacitado para tales labores, para ello deben adquirir los conocimientos necesarios en lo que respecta a técnicas de corte, equipo de protección y herramientas aptas para las actividades. Las Normas ANSI (2018) establece las características del equipo de seguridad que se requiere para el trabajo de mantenimiento de árboles, en las cuales se establece lo siguiente:

Equipos de seguridad

7.1.4.1 El Equipo de Protección Personal (EPP) va a variar dependiendo de la actividad que se encuentre realizando el operario. Sin embargo, de forma obligatoria todo trabajador que se encuentre dentro de la línea de trabajo debe utilizar lo siguiente (ANSI, 2018).

- Casco: Su principal función es proteger al operario ante la caída de una rama, sin embargo, cuando se encuentren cerca de cables eléctricos debe usarse cascos Clase E, los cuales son fabricados para reducir el riesgo de contacto con líneas eléctricas de alto

- Lentes: Protege al operario ante el aserrín que generan las motosierras al entrar en contacto con las ramas.
- Protector auditivo: Es necesario debido al fuerte ruido que generan las motosierras.
- Guantes: Los guantes anticorte protegen al operario ante un posible accidente con las herramientas de corte

Los operarios que trabajen manipulando sierras, además del equipo anterior deberán utilizar un pantalón anticorte o perneras.

Si la poda se efectúa en altura, la persona encargada además de lo establecido en el punto 7.1.4.1 deberá portar arnés, cuerdas, mosquetones, dispositivo para de ascenso y descenso, sierra de mano con la excepción de que no precisa utilizar perneras; sin embargo, siempre debe utilizar pantalón anticorte.

Antes de realizar trabajos en individuos que se encuentren cerca de líneas eléctricas de alta tensión, se deberá coordinar con la compañía encargada de brindar el servicio con el fin de suspender la corriente eléctrica durante el tiempo que se esté trabajado

Podas

Las podas son recomendadas por tres razones: disminuir el riesgo, saneamiento y corrección.

Las podas en tejido vivo se aplican a ramas quebradas, desgarradas, muñones dejados por ramas rotas, ramas entrelazadas, ramas puenteadas, horquetas débiles y con corteza incluida, ramas infestadas, etc., con la finalidad de sanear la copa y prevenir futuros problemas.

- Poda de Saneamiento

La poda de saneamiento se realiza con el fin de reducir el riesgo de caída de ramas en el árbol y consiste en la eliminación de ramas muertas, enfermas, despegadas, agrietadas o quebradas (Figura 24). Se realiza con el fin de reducir el riesgo en el árbol de que las

ramas caigan al suelo y puedan generar algún daño. La poda de saneamiento es la más recomendada para árboles adultos o en senescencia, ya que no elimina ramas vivas.

Se recomienda un monitoreo de las podas de dos a cinco años después de haberlas ejecutado, y se debe realizar un monitoreo constante después de tormentas o eventos climáticos que comprometan al árbol (Purcell, 2015). De la misma forma, si se produce la caída de un árbol, se debe hacer la revisión de los árboles vecinos para detectar cualquier daño ocasionado a ramas o al árbol en su totalidad.

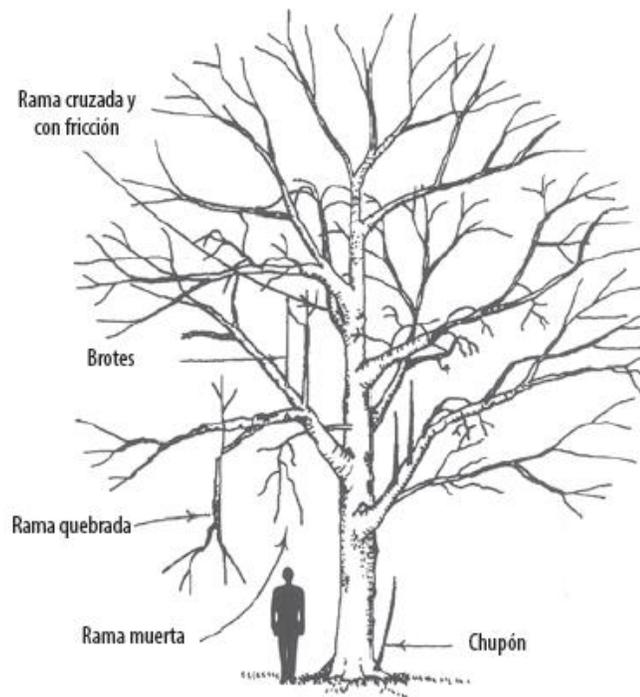


Figura 23. Principales defectos para eliminar en una poda de saneamiento (Purcell, 2015)

- Poda de elevación de copa

La elevación de poda consiste en la eliminación o reducción de ramas para despejar el árbol de forma vertical (Gilman y Lilly, 2008), cuando se presenten problemas de acceso para vehículos, peatones o genere una condición de inseguridad, también en los casos cuando obstruye la visión de señalamiento (Figura 21). Luego de la poda debe mantenerse una proporción de copa no

menor 60%, lo que significaría que el follaje debe ser por lo menos el 60% de la altura total del árbol.

Este tipo de poda debe efectuarse preferiblemente cuando el árbol es joven, para no cortar ramas grandes (¿sinónimo de gruesas, ya que estas comprometen la sanación del árbol, pueden promover la descomposición. En el caso de árboles adultos, el levantamiento de copa puede llevar a cabo en varios ciclos para estudiar el comportamiento del individuo (Purcell, 2015).

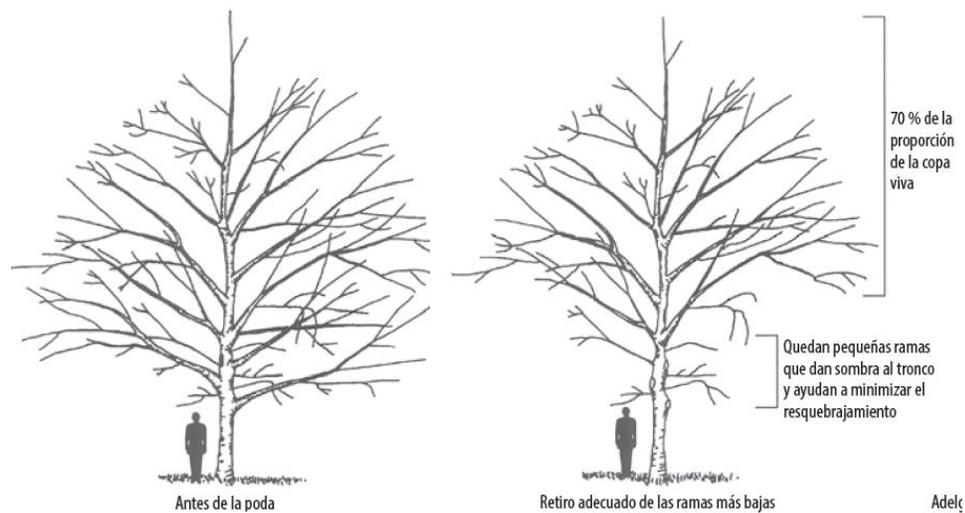


Figura 24. Muestra de una poda de elevación de copa (Purcell, 2015).

- Poda de aclareo de copa

Este tipo de poda suele utilizarse más en especies latifoliadas que en coníferas y consiste en eliminar las ramas laterales a partir del punto de unión con el tallo principal. También se le conoce como raleo de copa, y el propósito es que deje fluir mejor la luz y el aire entre las ramas, sin perder la configuración o estructura o forma de árbol. Una de las principales funciones de este tipo de poda es permitir filtrar más luz para otras especies del estrato inferior, principalmente en parques. No se debe podar más del 30% de la copa, para asegurar que las ramas queden correctamente distribuidas y no exista un desequilibrio en la copa del árbol (Eguilúz, 2000).

- Mantenimiento de Palmeras/Podas de palmeras

La poda en palmeras se enfocará en la eliminación de las hojas muertas o que se encuentren en un ángulo menor de 90° (hojas de color amarillo, marrón, o que estén rotas).

Esta labor se recomienda hacerla a pocos centímetros del inicio del tronco siguiendo los mismos lineamientos mencionadas en la poda y eliminación de árboles (equipos a emplear, condiciones de salud ocupacional al momento de la corta, aplicación de selladores en las heridas para evitar ataque de patógenos).

Técnica de poda

Si la rama a cortar es lo suficientemente pequeña se puede sostener dicha rama con una mano y con la otra realizar el corte con cizalla o sierra de mano. Si por el contrario la rama a cortar no se puede sostener con una sola mano, lo más recomendable es utilizar la técnica de los 3 cortes para evitar el desgarre de la rama a la hora de cortar (Figura 23)

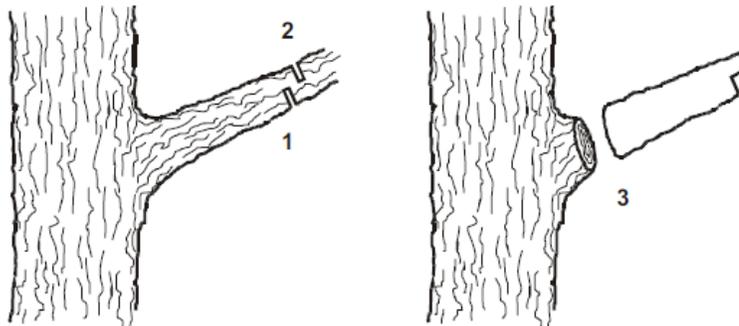


Figura 25. Técnica de los tres cortes para podar ramas de árboles urbanos. Purcell (2015).

Herramientas para podas

Para ejecutar una buena poda es fundamental utilizar las herramientas adecuadas, esto dependerá del diámetro de la rama a cortar y el número de cortes (ANSI, 2018).

Las herramientas para corte deben mantenerse siempre limpias y afiladas, esto ayudará al operario ya que tendrá que realizar un menor esfuerzo y aumenta la vida útil del equipo. Es

necesario mantenerlas limpias y desinfectadas para prevenir la propagación de enfermedades, al momento de hacer cortes en árboles enfermos por hongos, bacterias, virus y otros microorganismos.

Sierras de mano: Apta para usar con ramas pequeñas o de diámetros inferiores a 20 cm.

Sierra de extensión: Esta herramienta debe usarse cuando la rama a cortar se encuentra fuera del alcance del operario. Debe evitarse el uso cuando el árbol se encuentre cerca de líneas eléctricas para evitar accidentes.

Motosierras: Debe utilizarse una motosierra cuando las ramas a eliminar tengan diámetros mayores a 10 cm. Solo debe ser utilizada por personal capacitado y con el equipo de protección correspondiente, explicado anteriormente.

Control de muérdago

La eliminación de muérdago debe realizarse en todos los árboles invadidos independientemente de la densidad en la que se encuentre (Valencia, 2009). El muérdago se debe retirar de forma manual, utilizando el sistema de cuerdas para acceder a las ramas. Se debe mantener un monitoreo periódico, mínimo una vez al año, para evitar que vuelva a rebrotar.

Mantenimiento de áreas verdes municipales

Cuando se realicen las actividades de mantenimiento para controlar el césped u otras plantas herbáceas, es necesario que se proteja el cuello del árbol o la palmera de tal forma que no la motoguadaña no cause daños mecánicos en la base de los árboles.

Eliminación de árboles desmochados

Los árboles que se encuentran desmochados y en los cuales sólo se mantiene el fuste del árbol, deben ser retirados y preferiblemente sustituidos. No se debe mantener los árboles con esta

condición, ya que pueden iniciar un proceso de pudrición que debilite la madera y aumenta las posibilidades de falla del individuo.

7.3 Monitoreo

El monitoreo de los individuos al corto, medio y largo plazo debe realizarse tomando en cuenta las características propias de los individuos, el estado de la infraestructura gris, el uso y el tránsito de personas por el sitio; además, de la presencia de agentes fitopatógenos que estén interfiriendo con apropiado desarrollo de los individuos.

Para los 10 individuos en categoría de riesgo *medio*, *medio-alto* y *alto* deben realizarse monitoreos cada seis meses. Para los 316 individuos en categorías de riesgo *medio-bajo* el monitoreo se deberá realizar cada tres años y para los individuos en categoría de riesgo *bajo* se hará de cuatro a cinco años.

Dado que cada individuo evaluado posee un código identificador, se recomienda llevar un registro digital actualizado en Microsoft Access®, de todas las intervenciones realizadas en el proceso de mantenimiento que funcione como complemento del Sistema de Información Geográfico (SIG).

7.4 Cronograma

A continuación, se presenta una propuesta anual de ejecución de las medias de acción recomendadas para un horizonte de tiempo de cinco años.

Cuadro 10. Cronograma del Plan Operativo Anual para manejar los árboles de San Vicente de Moravia

Actividades	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaboración del Plan de Gestión del Arbolado Urbano	■									
Capacitación en labores operativas	■			■						■
Intervención de las categorías medio, medio-alto, alto		■								
Intervención de la categoría medio-bajo			■							
Intervención de la categoría bajo				■						
Monitoreo de los individuos con un nivel de riesgo medio, medio-alto, alto						■				
Monitoreo de los individuos con un nivel de riesgo medio-bajo									■	
Monitoreo de los individuos con un nivel de riesgo bajo					■					

8. CONCLUSIONES

La matriz de evaluación de riesgo utilizada por la empresa GFS no permite determinar de forma precisa el nivel de riesgo, por lo que requiere una revisión de los pesos ponderados para cada variable. Sin embargo, su implementación permitió establecer medidas para el mantenimiento de los árboles según su condición a un plazo de seis años.

Para realizar un mantenimiento integral al arbolado urbano es necesario dejar de ver al árbol como algo individual, sino que por el contrario se debe analizar el entorno en el que se encuentra y respetar el ambiente natural que lo rodea.

Se requiere de equipo especializado para conocer el estado de las raíces y el fuste, así como del uso de técnicas para la evaluación de copa como el uso de cuerdas para la realizar trepa de árboles.

Es necesario limitar el mantenimiento que recibirán los Árboles Patrimoniales con el fin de que se pueda resguardar los servicios ecosistémicos que brindan. Además debe existir a nivel municipal medidas que promuevan su protección para poder desarrollar una correcta promoción y divulgación de estos árboles.

El estudio determinó que los árboles urbanos de San Vicente de Moravia presentan una distribución diamétrica optima la cual permite tener un mayor control del envejecimiento de los árboles y así poder planificar adecuadamente los proyectos de reforestación que permitan mantener un número adecuado de árboles adultos y sanos.

9. RECOMENDACIONES

Es necesario crear una Ley de Arbolado Urbano en la cual se establezca las pautas para proteger y conservar los recursos naturales de la ciudad; con el fin, de que cada municipio pueda adaptarlas, por medio de un reglamento, a sus necesidades y condiciones de sitio.

La municipalidad precisa un mayor control en la gestión del arbolado urbano, para lo cual es necesario generar un sistema de evaluación y monitoreo que inicie desde la selección de los individuos en vivero y continúe con el control de las técnicas de establecimiento y mantenimiento. Además, se requiere una mayor capacitación técnica para los operarios encargados de dar mantenimiento a los árboles, principalmente a lo que respecta podas, con el fin de minimizar el riesgo o inconvenientes con el arbolado urbano.

Se recomienda actualizar la base de datos de parques que tiene la municipalidad, el cual hasta el momento solo consta de un documento PDF con fotografías generales de cada parque, sería de mucha relevancia para la municipalidad adjuntar los datos que se obtuvieron de especies, número de individuos, nivel de riesgo, mantenimiento necesario, edad de los individuos, etc.

Es recomendable establecer una base de datos, donde se registren y monitoreen las fallas que presentan los árboles urbanos, de tal forma que se pueda conocer cuales condiciones como pendiente, suelo, clima, plagas, vientos entre otros factores, vuelven a las especies más susceptibles a fracturas.

Dada la densa base de datos que se obtuvo y las variables que se estudiaron es recomendable implementar el software *i-tree eco* para conocer otros parámetros de interés como lo es el carbono almacenado y el valor económico de arbolado urbano presente, de forma que sirva como un parámetro para la toma de decisiones a nivel municipal.

Debido a la falta de información respecto a muchas de las especies utilizadas para arborización urbana, especialmente datos de densidad de la madera y fórmulas que permitan determinar volumen, sería interesante utilizar los árboles que por algún motivo requieren ser cortados para hacer estudios de estas especies; de igual forma los residuos de las podas pueden ser utilizados

para uso de la comunidad o para generar pellet que pueden luego ser utilizado como mulch y reintegrarse al suelo urbano.

Es recomendable llevar a cabo la marcación de los árboles por medio de un código QR que permita no solo la identificación de los individuos por medio de un código alfanumérico, sino que las personas tengan acceso por medio de un enlace a web con información de interés respecto a la especie, de igual forma esto permitirá un mayor control en las labores de mantenimiento.

Para lograr un cambio verdaderamente significativo se recomienda establecer alianzas entre el gobierno local, universidades, empresa privada, empresa pública y principalmente la sociedad civil para establecer programas de cuidado y educación entorno al arbolado urbano.

10. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica donde se recopila la información de la reevaluación de riesgo de cada árbol de forma individual.

Especie:		Id	
Lugar:			
Diámetro		DC	
HT			
PC		Pendiente	
Hábito		Edad aprox.	
Tipo de Hoja	CoordX: _____		CoordY: _____
Foto 1		Foto 2	
Variables de Fuste:			
Cancros Tumores Pudrición Grietas Tronco hueco Antrópico			
Observaciones:			
Variables de Copa			
Ramas gruesas Uniones Sanidad Altura Autopoda Obstáculos			
Observaciones:			
Variables de Raíz			
Tipo de raíz Estado del sistema radical Socavamiento del terreno Pendiente del terreno Obstáculos			
Observaciones:			

Anexo 2. Especies identificadas en distrito de San Vicente de Moravia, ordenadas por orden de abundancia (N).

Familia	Especie	Nombre común	Origen	N	%
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	Nativa	62	9,466
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	Exótica	47	7,176
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Nativa	45	6,870
Myrtaceae	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	Exótica	27	4,122
Myrtaceae	<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalypto	Exótica	25	3,817
Myrtaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Cas	Exótica	24	3,664
Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Dama	Nativa	23	3,511
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	Exótica	22	3,359
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Exótica	18	2,748
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	Nativa	18	2,748
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Cojoba arborea</i>	Lorito	Exótica	15	2,290
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno	Exótica	15	2,290
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Nativa	15	2,290
Fabaceae/Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia purpurea</i>	Casco de Venado	Nativa	14	2,137
Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Exótica	14	2,137
Myrtaceae	<i>Callistemon speciosus</i>	Hisopo	Nativa	12	1,832
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Nativa	12	1,832
Moraceae	<i>Ficus jimenezii</i>	Higueron	Nativa	12	1,832
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Nativa	12	1,832
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Nativa	11	1,679
Arecaceae	<i>Dypsis lutescens</i>	Areca	Nativa	10	1,527
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró extranjero	Nativa	10	1,527
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Nativa	8	1,221
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>	Higuito	Nativa	7	1,069
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pirul	Exótica	7	1,069
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i>	Mazana de agua	Exótica	7	1,069
Boraginaceae	<i>Cordia eriostigma</i>	Muñeco	Nativa	6	0,916
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Diphysa americana</i>	Guachipelín	Exótica	6	0,916
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	Nativa	6	0,916
Myrtaceae	<i>Syzygium paniculatum</i>	Lilliana	Exótica	6	0,916
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	Güitite	Nativa	5	0,763
Fabaceae/Caesalpiniaceae	<i>Delonix regia</i>	Malinche	Nativa	5	0,763
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Exótica	5	0,763
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Orgullo de la India	Exótica	5	0,763
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Exótica	5	0,763
Araucariaceae	<i>Araucaria hunsteinii</i>	Araucaria	Exótica	4	0,611
Fabaceae/Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia sp</i>	Casquillo	Exótica	4	0,611
Annonaceae	<i>Cananga odorata</i>	Ilang-Ilang	Exótica	4	0,611
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	Barrabás	Nativa	4	0,611
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Cortéz Amarilla	Exótica	4	0,611
Anacardiaceae	<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Nativa	4	0,611
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	Nativa	4	0,611
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa	Exótica	4	0,611
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Zygia longifolia</i>	Sotacaballo	Nativa	4	0,611

Familia	Especie	Nombre común	Origen	N	%
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Exótica	3	0,458
Rutaceae	<i>Citrus spp</i>	Limón	Nativa	3	0,458
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Coco	Nativa	3	0,458
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés columnar	Nativa	3	0,458
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	Nativa	3	0,458
Bignoniaceae	<i>Kigelia pinnata</i>	Árbol de salchicha	Exótica	3	0,458
Pinaceae	<i>Pinus sp</i>	Pino	Exótica	3	0,458
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Samanea saman</i>	Cenízaro	Exótica	3	0,458
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Vainillo	Exótica	3	0,458
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro de playa	Nativa	3	0,458
Arecaceae	<i>Washingtonia filifera</i>	Palmera Washington	Exótica	3	0,458
Fabaceae	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Cedro rosado	Nativa	2	0,305
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Guanabana	Exótica	2	0,305
Fabaceae/Caesalpinaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Clavelina	Nativa	2	0,305
Fabaceae	<i>Dalbergia retusa</i>	Cocobolo	Exótica	2	0,305
Myrtaceae	<i>Eucalyptus cinerea</i>	Eucalipto plateado	Exótica	2	0,305
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Inga edulis</i>	Guaba	Nativa	2	0,305
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Lonchocarpus sp</i>	Chaperno	Exótica	2	0,305
Rosaceae	<i>Prunus sp</i>	Durasnillo	Nativa	2	0,305
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Aceituno	Nativa	2	0,305
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Nativa	2	0,305
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	Nativa	1	0,153
Annonaceae	<i>Annona sp</i>	Anona	Nativa	1	0,153
Asteraceae	<i>Asteraceae</i>	Asteraceae	Exótica	1	0,153
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Caesalpinaceae	<i>Cassia grandis</i>	Carao	Nativa	1	0,153
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	Nativa	1	0,153
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i>	Targuá	Nativa	1	0,153
Boraginaceae	<i>Ehretia latifolia</i>	Raspa guacal	Exótica	1	0,153
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Nativa	1	0,153
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	Roble sedoso	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Caesalpinaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil	Exótica	1	0,153
Proteaceae	<i>Macadamia ternifolia</i>	Macadamia	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Machaerium biovulatum</i>	Siete cueros	Nativa	1	0,153
Moringaceae	<i>Moringa citrifolia</i>	Moringa	Exótica	1	0,153
Malvaceae	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Ceibo barrigon	Exótica	1	0,153
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	Roble	Exótica	1	0,153
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>	Palmera cubana	Exótica	1	0,153
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce llorón	Nativa	1	0,153
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Caesalpinaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	Gallinazo	Nativa	1	0,153
Fabaceae/Caesalpinaceae	<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Exótica	1	0,153
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Nativa	1	0,153
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Coco plumoso	Exótica	1	0,153
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i>	Chirca	Nativa	1	0,153
Total				655	100

11. REFERENCIAS

- Báez, A., Istlas, B y Trejo, A. (2011). *Diagnóstico fitosanitario del arbolado del Parque Alameda Oriente*. Recuperado de http://www.paot.org.mx/transparencia/2012/primer_trimestre/Fraccion_10/estudios_2011_spa/EsPA_03_2011_Alameda_Oriente.pdf. p. 25
- Barboza, R. (2016). *Selección de especies para el arbolado urbano a partir del análisis de 10 parques urbanos municipales del cantón de Curridabat, San José, Costa Rica*. (Tesis de Grado, Universidad Estatal a Distancia). Recuperado de https://www.academia.edu/30389541/Especies_para_arbolado_urbano._An%C3%A1lisis_de_10_parques_urbanos_del_cant%C3%B3n_de_Curridabat. p.1
- Benito, G., Palermo, M., y Bertucelli, C. (2018). Arboricultura Urbana: Antecedentes y Evolución. Experiencia Educativa de Formación Técnica en Fauba. *Revista de la facultad de Agronomía UBA*, 38(1), 59-60.
- Boa, E. (2008). *Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y5041s.pdf> p. 23
- Bosques de Plata. (2016). Metodología Inventario Forestal Pre Cosecha para Raleo. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUK_EwiRtLTv15HnAhWxzlkKHdDIAPMQjhx6BAgBEAI&url=http%3A%2F%2Fwww.bosquesdelplata.com.ar%2Fdescargar_adjunto.php%3Ffid%3D105&psig=AOvVaw0XwMh8Osx4Z2dHM8A9kHqs&ust=1579575619781762.
- Calaza, P. (2019). Evaluación de riesgo de arbolado. Fundamentos y limitaciones científicas. II Foro Latinoamericano y del Caribe sobre Bosques Urbanos, Bogotá, Colombia.
- Cazala, P. (2007). *Revisión bibliográfica y análisis comparativo de métodos de evaluación de riesgo de arbolado urbano. Caso particular: La Coruña*. (Tesis doctoral). Universidad de Santiago de Compostela, España. p. 46.
- Cazala, P e Iglesias, M. (2016). *El Riesgo del Arbolado Urbano. Contexto, concepto y evaluación*. Recuperado de https://www.popularlibros.com/libro/el-riesgo-del-arbolado-urbano-contexto-concepto-y-evaluacion_800421. p. 57-58, 22-23, 30, 31, 34.

- De la Vega, F. (2017). *Descripción y análisis de la metodología de evaluación visual de árboles urbanos-VTA (Visual Tree Assessment)*. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3441/de-la-vega-centuri%C3%B3n-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y> p. 41, 5.
- Dobbs, C., Escobedo, F. J., & Zipperer, W. C. (2011). A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*, 99(3-4), 196-206.
- Eguiluz, T. (2000). Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos. Gobierno del distrito general de México. Secretaria del medio ambiente. México.
- Escobedo, F., Kroeger, J & Wagner, J. (2011). Urban forests and pollution mitigation: analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 159(8-9): 2078-2087.
- Galindo-Bianconi, A y Victoria-Uribe, R. (2018). 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.
- Geils, Brian W.; Cibrián Tovar, Jose; Moody, Benjamin, tech. coords. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.
- FAO (2019). Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/>
- Fernández, P. y Vargas, A. (2011). Conflicto entre arbolado e infraestructura. *Revista Agronomía y Forestal*, 21, 32-36.
- Frick, D. (2014). *Una teoría del urbanismo*. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/itcrsp/docDetail.action?docID=11312698&ppg=68>. p. 24.
- Jiménez, Q. (2013). Arbolado urbano: beneficios, desaciertos y realidad en la Gran Área Metropolitana. *Ambientico*. (5). 2-3.
- Hallé, F. (2010). Arquitectura de los árboles. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(3-4), 405-418.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica [ITCR]. (2014). Atlas de Costa Rica (CD-ROM). Cartago, Costa Rica, ITCR 1CDROM.

- Hetzel, L y Martínez, G. (2010). La Bixa orellana L. en el tratamiento de afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(2), 231-244. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000200012&lng=es&tlng=es
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN]. (2018). *Índice de Desarrollo Social*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. San José, Costa Rica. p. 32.
- Martínez, S y Lupo, S. (2014). *Podredumbre de árboles en pie*. Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3379/1/salida-inia-cartilla41-Inocutis.pdf> p. 2.
- Martínez-Trinidad, T e Islas-Rodríguez, L. (2010). Biología y compartimentación del árbol. *ArbolAMA*, 3, 21–29. Retrieved from <http://www.isahispana.com/portals/0/docs/treecare/Arboricultura%20tradicional%20y%20arboricultura%20moderna.pdf>
- Moreno, F. y Hoyos, C. (Eds.). (2015). *Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia.
- Plant-it. (2019). Árboles urbanos. Obtenido de PLANT-IT 2020: <http://www.plantit2020.org/benefits.html>.
- Ponce-Donoso, M y Vallejos-Barra, Ó. (2016). Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2). 195-208.
- Polo, J y Paredes, S. (2014). *Los Árboles Patrimoniales de Quito*. Recuperado de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Patrimonio_Natural/LIBRO_ARBOLES_PATRIMONIALES%20DE_QUITO.pdf p. 210-215.
- Polo, J., Paredes, S., Maldonado, G., Cuesta, F y Pinto, E. (2018). *Los Árboles Patrimoniales de Quito* Recuperado de <http://www.bosquesandinos.org/publicacion-los-arboles-patrimoniales-de-quito-segunda-edicion/> p. 29.
- Ramírez, F. (2016). Árboles patrimoniales de Quito. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. p.15.
- Ramírez, F. (2017). Memoria en vertical: Uso y Contemplación. En Ramírez, F. *Patrimonio* (pp 130-146). Quito, Ecuador: Imprenta Digital Universidad del Azuay.

- Reyes de la Barra, J., Ponce-Donoso, M., Vallejo-Barra, O., Daniluk-Mosquera, G. y Coelho-Duarte, A.P. (2018). Comparación de cuatro métodos de evaluación visual del riesgo de árboles urbanos. *Colombia Forestal*, 21(2), 161-173.
- Richards, N.A. (1983). Diversity and stability in a street tree population. *Urban Ecology*, 7(2). 159-171
- Rivas, D. (2015). Programa de control del muérdago en Polanco, delegación Miguel Hidalgo, Distrito Federal. Recuperado de http://www.rivasdaniel.com/pdf/Informe_plan_piloto_Polanco.pdf
- Rojas, F., Bermúdez, G y Jiménez, Q. (2016). *Plantas Ornamentales del Trópico*. 2ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica. p. 17.
- Saavedra-Romero, L. L., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., & Hernández de la Rosa, P. (2019). Identification of defects and risks in trees of San Juan de Aragon Forest, Mexico City. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(1), 31-47. doi: 10.5154/r.rchscfa.2018.06.049.
- Santamour Jr, F. S. (2004). Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. C. Elevitch, *The Overstory Book: Cultivating connections with trees*, 396-399.
- Sosa-López, A., Molina-Peligrin, 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.
- Tovar, G. (2006). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Colombia Forestal*. 9(19), 187-205.
- Tovar, G. (2013). Aproximación a la arboricultura urbana en Colombia. *Bitácora Urbano Territorial*, 22(1), 119-136.
- Valdés, M. (2010). Cómo controlan la erosión las raíces de las plantas. *La Ciencia y el Hombre*. 23(2). Recuperado de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol23num2/articulos/erosion/>
- Valencia, D. (2009). El Muérdago en la Ciudad de México. *Revista ArbolAMA*. (9). 10-30.
- Vallejo, S. (2018). Árboles que son patrimonio cultural y natural de la ciudad. *Medellín cuenta de primera fuente*. Recuperado de <https://www.medellincuenta.com/?NavigationTarget=navurl://67dd7250cfa68b1cd407f5492bb6a1c2>

- Valverde, K. (2009). Municipalidad de Moravia. Secretaría del Concejo Municipal. Recuperado de <https://www.bloqueverde.com/moravia.pdf>
- Valverde, M. (2011). *Plan de Desarrollo Cantonal Largo Plazo 2012 al 2022*. Recuperado de <https://www.moravia.go.cr/component/phocadownload/category/1-plan-de-desarrollo-cantonal-2012-2012?download=844:plan-de-desarrollo-cantonal-2012-2022> p.53, 9-11.
- Vargas, B y Molina, L. (2007). Árboles para Bucaramanga. Especies que fortalecen la estructura Ecológica Principal. *Revista Nodo*, 1(2), 25-40.
- Vester, H. (2002). Boletín de la Sociedad Botánica de México. *Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la Península de Yucatán*. (71). 45-57.
- Villalobos, K., Suárez, E., Gaspar, G y Manta, M. (2014). Evaluación fitosanitaria de árboles ornamentales en la Av. Monte de los Olivos, distrito de Surco, Lima. *Revista Xilema*, 27(1), 33-42.
- Villareal, H. (2013). *Arbolado urbano: la arborización como patrimonio de nuestras ciudades*. Recuperado de http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1282/Arbolado_urbano.pdf?sequence=1&isAllowed=y p. 10.
- Villota, M y Escribano, R. (2015). *Metodología para una valoración del arbolado singular del territorio histórico de Álava*. En De la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R y Rodriguez, M (Eds). *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. (pp. 1271-1280). Zaragoza, España. Universidad de Zaragoza.
- Zúñiga-Sánchez, B. (2017). *Valoración de la arboricultura y lineamientos para el manejo en 12 parques del cantón de Desamparados, San José, Costa Rica*. (Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica). Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9382?show=full>. p .1.