



**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDA DE ÁRBOLES EN ESPACIOS
VERDES URBANOS COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN.
CASO DE ESTUDIO: PLAZA DARDO ROCHA, LA PLATA, BUENOS
AIRES.**

Autor: JOAQUIN BOUDET

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
INGENIERA/O EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**

Directora: MSc. Monica ALVAREZ REDONDO

Co-Director: Ing. Ftal. Ramiro VICENTE

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2024

Prólogo

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra institución académica. Se realizó en conjunto con la Cátedra de Manejo de Bosques Naturales dependiente del departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam. Se llevó a cabo en la Plaza Dardo Rocha de la ciudad de La Plata, Buenos Aires durante el periodo comprendido entre Noviembre de 2022 y Abril de 2024 bajo la dirección de ALVAREZ REDONDO, Mónica y la co-dirección de VICENTE, Ramiro.



JOAQUIN BOUDET

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia a la Universidad Nacional de La Pampa, principalmente a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y a cada uno de los profesores/as que durante este proceso intervinieron en mi formación y me permitieron llevar a cabo mis estudios de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Agradecer especialmente a mi directora MSc. Mónica Álvarez Redondo y Co-director Ing. Ramiro Vicente que a través de sus conocimientos, sugerencias y la buena predisposición por parte de ambos, me ayudaron a desarrollar este trabajo de principio a fin.

De igual modo agradecer a Sofía Rosales, estudiante de la carrera de Ingeniería forestal de la Universidad Nacional de La Plata, con quien realizamos el relevamiento de todos los árboles del área de estudio y que con sus conocimientos facilitó la tarea de medición a campo.

A mis amigos y amigas que fui encontrando a lo largo de la carrera, con quienes compartí hermosos momentos de cursadas, estudio, viajes e hicieron que este proceso se disfrute aún más.

Por último, agradecer a mi familia quienes me brindaron la posibilidad de formarme profesionalmente y me acompañaron de forma incondicional en los buenos y en los malos momentos durante toda la carrera.

RESUMEN

Los servicios ecosistémicos que brindan los espacios verdes en las ciudades, son de suma importancia para la calidad de vida de los seres humanos. Mantener una buena condición del arbolado urbano es una tarea fundamental para obtener los beneficios mencionados y a su vez disminuir el riesgo de daño a bienes o personas por la caída parcial o total de los árboles. Con el objetivo de conocer el estado del arbolado de la Plaza Dardo Rocha de la Ciudad de La Plata, Buenos Aires, se realizó una evaluación del riesgo de caída de árboles basado en una metodología de análisis de cada individuo y su entorno. Se obtuvieron los valores del Índice de riesgo (IR) en cada árbol analizado y se los clasificó en riesgo bajo, medio o alto. El estudio permitió establecer una línea de base sobre el estado actual del arbolado de la plaza Dardo Rocha a partir de la cual se definieron ciertas acciones de manejo con el objetivo de mantener y mejorar la calidad del arbolado.

ABSTRACT

The ecosystem services provided by green spaces in cities are of paramount importance for the quality of life of human beings. Maintaining good condition of urban tree canopy is a fundamental task to obtain these benefits and, at the same time, reduce the risk of damage to property or individuals from the partial or total falling of trees. In order to assess the state of the tree canopy in Plaza Dardo Rocha in the city of La Plata, Buenos Aires, an evaluation of the risk of falling trees was carried out based on an analysis methodology of each individual and their environment. According to the survey results, the values of the Risk Index (RI) were obtained, and each tree was classified as low, medium, or high risk. The study establishes a baseline that reflects the current condition of the plaza's tree canopy. Based on the results obtained, certain actions are recommended to reduce the risk of branch or whole tree falling.

TABLA DE CONTENIDOS - ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
<i>Área de estudio</i>	
<i>Evaluación del riesgo de caída de árboles de la Plaza Dardo Rocha</i>	
<i>Criterios e indicadores</i>	
<i>Relevamiento y procesamiento de datos</i>	
<i>Índice de riesgo</i>	
<i>Zonificación del área de estudio</i>	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
<i>Sector Vereda</i>	
<i>Sector Jardines</i>	
RECOMENDACIONES.....	34
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO I.....	38
<i>Planilla de datos</i>	
ANEXO II.....	39
<i>Resultados Sector Vereda</i>	
ANEXO III.....	41
<i>Resultados Sector Jardines</i>	

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades se produce a un ritmo más acelerado que el de la oferta y disponibilidad de servicios y equipamientos públicos, lo que da lugar, en la mayoría de los casos, a un aprovisionamiento inadecuado de los mismos. En áreas urbanas, mantener el ambiente en buen estado y funcionamiento, permitiría un mejor sostenimiento de las actividades humanas. Si se presentan las condiciones mencionadas anteriormente, el ambiente será más eficaz a la hora de actuar como soporte físico de instalaciones e infraestructura, fuente de recursos naturales y sumidero de energía y materiales (Benito y Palermo Arce, 2021).

Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, las personas en todo el mundo vivían en pequeñas comunidades. En los últimos siglos y particularmente en las últimas décadas, esto ha cambiado drásticamente. Ha habido una migración masiva de poblaciones de las zonas rurales a las urbanas. Actualmente, más de la mitad de la población mundial (55%) está concentrada en entornos urbanos. Según especialistas, se estima que para el año 2050 el 68% de la población mundial vivirá en ciudades (UNFCCC, 2022).

La urbanización y el crecimiento demográfico contribuyen en gran medida sobre las enfermedades no transmisibles y el cambio climático. Las ciudades representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono a nivel mundial y más del 60 % del uso de recursos. El crecimiento urbano descontrolado, la contaminación atmosférica y la escasez de espacios verdes son circunstancias que se repiten en numerosas ciudades. Por ende, además de plantear enormes desafíos, las zonas urbanas ofrecen grandes oportunidades de lograr un cambio positivo y sostenible. (Röbbel, N, s.f.).

En este marco, entre los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) que han sido determinados en la Agenda Mundial 2030 (ONU, 2018), el Objetivo 11 establece lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Para lograr este objetivo, los países en sus distintas escalas internas deben centrar sus esfuerzos en aplicar políticas y prácticas de desarrollo urbano que den prioridad al acceso a los servicios básicos, a la vivienda, al transporte eficiente y a los espacios verdes para la sociedad en cantidad y calidad.

En las ciudades convergen e interactúan diferentes clases de infraestructuras. Por un lado, la *infraestructura gris*, que incluye a los activos construidos por el hombre (red de servicios públicos, calles, viviendas, edificaciones gubernamentales, clubes, etc) que se intercala con una red de zonas naturales, seminaturales, y otros elementos ambientales que conforman lo que se denomina *infraestructura verde*. La infraestructura verde está representada por espacios verdes

tales como parques, plazas, plazoletas, corredores, boulevares, arbolado de vereda, arbolado periurbano, etc. (Benito y Palermo Arce, 2021).

La importancia de los espacios verdes en contextos urbanos radica en la oferta de servicios ecosistémicos, dentro de los cuales se incluyen servicios de provisión (frutos, semillas, flores, etc.), de regulación (térmica, erosión, etc.) y de tipo cultural (estéticos, cohesión social, científicos, etc.). Como ejemplo de estos servicios se puede mencionar sombra, recreación, regulación térmica, regulación hídrica, estética paisajística, purificación del aire, amortiguación de ruidos urbanos, retención de partículas de polvo, provisión de alimentos (huertos urbanos). De allí radica la importancia de ser gestionados y planificados de forma estratégica con el fin de mantener, mejorar y aumentar la provisión de los mismos contribuyendo a la calidad de vida de las personas que conviven en las ciudades (Benito y Palermo Arce, 2021).

En contraparte a los servicios ambientales, cuando el arbolado urbano no es correctamente gestionado puede dar origen a problemas, conflictos o daños que afecten tanto a la infraestructura gris como a las personas, estos se denominan *diservicios*. Los diservicios del arbolado urbano que suelen ser más recurrentes son: levantamiento de veredas y rupturas de redes de cañerías por acción del sistema radicular, interferencia de la copa con redes de servicios, caída o desprendimiento de partes del árbol, alergias, caída de hojas que tapan los sumideros pluviales, entre otros (Benito y Palermo Arce, 2021). Es importante mencionar que, en la mayoría de los casos, los diservicios aparecen cuando el arbolado urbano no es manejado de forma correcta.

El desprendimiento de ramas o partes mayores de un árbol, representa uno de los diservicios más importante en cuanto al riesgo de afectación al mobiliario público y privado circundante y en casos extremos causar accidentes humanos (Urcelay *et al.* 2012). En este sentido, la evaluación del riesgo de fallos es una herramienta clave de gestión del arbolado urbano que permite analizar el estado de los árboles a fin de lograr una población arbórea sana, segura, estética y ambientalmente productiva.

El debilitamiento estructural es, en algunos casos, el desencadenante de las caídas parciales o totales de los árboles. Este debilitamiento puede estar provocado, entre otras causas, por las enfermedades que alteran las funciones normales de los árboles, incrementando de esta manera el riesgo por caídas ante eventos climáticos que pudiesen ocurrir (Aprea y Murace, 2019). Otro factor de consideración es el debilitamiento debido a la etapa de desarrollo en la que se

encuentra cada ejemplar. Los árboles sobremaduros suelen ser árboles de mayor tamaño, donde parte de su copa puede estar conformada por ramas debilitadas o muertas de importantes diámetros susceptibles de sufrir un desprendimiento.

En este sentido, son esenciales los conocimientos sobre la especie y sus características morfológicas, biomecánicas y de crecimiento. A esto se suman las características del sitio, su infraestructura y las condiciones climáticas locales. Como así también, los tipos de enfermedades, plagas más comunes en el área de estudio y los signos y síntomas que provocan (Chauchard, 2016).

Disponer de un protocolo de trabajo que garantice la gestión adecuada de los ejemplares arbóreos y que lleve un registro sistemático de todas las observaciones, son los principios básicos de todo plan de gestión de riesgos. La información obtenida nos permitirá generar un diagnóstico del estado del arbolado objeto de estudio a fin de proponer acciones preventivas para evitar daños posteriores (Benito y Palermo Arce, 2021).

En el territorio bonaerense existe la Ley Provincial 12276 de Arbolado Público y su decreto reglamentario 2386/2003 que regula las acciones de conservación, mantenimiento, ampliación y mejoramiento del mismo en sus respectivas jurisdicciones. Esta Ley sienta las bases para el desarrollo de un conjunto de acciones administrativas y técnicas tendientes a contribuir al bienestar fisiológico, sociológico y económico de la comunidad urbana (Bardi y D´Alfonso, 2022).

La ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires, es una de las primeras ciudades a nivel mundial que fue planificada desde sus cimientos. Fundada en 1882 por el Gobernador Dardo Rocha y diseñada con la idea de la línea higienista que predominaba en Europa a fines del siglo XVIII. Su trazado racionalista en cuadrícula, con diagonales y plazas cada seis cuadras (en la intersección de avenidas) responde a criterios de orden, organización y equilibrio entre el espacio construido y el espacio verde en pos de una distribución equitativa de actividades y circulación (Birche y Jensen, 2018).

Históricamente, La Plata constituye uno de los núcleos universitarios más importantes de Argentina, que atrae y alberga una gran población de estudiantes proveniente de todo el país que estudian en las distintas Facultades de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). En este contexto, los espacios verdes de la ciudad representan puntos estratégicos de uso intensivo para recreación, deportes al aire libre, donde también se desarrollan otro tipo de actividades

tales como ferias, actividades culturales, sociales, etc. Teniendo en cuenta la importancia que de estos espacios verdes representan para la sociedad, este estudio pretende generar un diagnóstico sobre el estado general del arbolado de la Plaza Dardo Rocha en la ciudad de La Plata, Buenos Aires, a fin de detectar posibles irregularidades y dejar establecidas recomendaciones como medidas de gestión.

OBJETIVO GENERAL

Aportar conocimiento sobre herramientas de gestión integral del arbolado en espacios verdes urbanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un diagnóstico sobre el estado general del arbolado de la Plaza Dardo Rocha.
- Establecer una valoración del riesgo de caída de árboles en áreas con distintos niveles de riesgo en la Plaza Dardo Rocha.
- Definir acciones recomendadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en la plaza Dardo Rocha de la Ciudad de La Plata. La capital bonaerense se encuentra situada al noreste de la provincia y a unos 56 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La plaza Dardo Rocha se ubica en el centro de la ciudad, en el cruce de las Avenidas N° 7 y 60, Diagonales N° 73 y 78 y la calle Dardo Rocha que rodea el espacio verde. Posee una forma octogonal y consta de una superficie de 18.500 m². La plaza se divide en ocho jardines, a través de las sendas que son continuas a las avenidas que desembocan en las mismas (Fig. 1-A y B).



Figura 1-A. Imagen satelital de la ciudad de La Plata. Sobre el margen derecho superior se observa en mayor detalle la plaza Dardo Rocha y su ubicación en referencia a la imagen central. Fuente: Software Qgis Versión 3.2

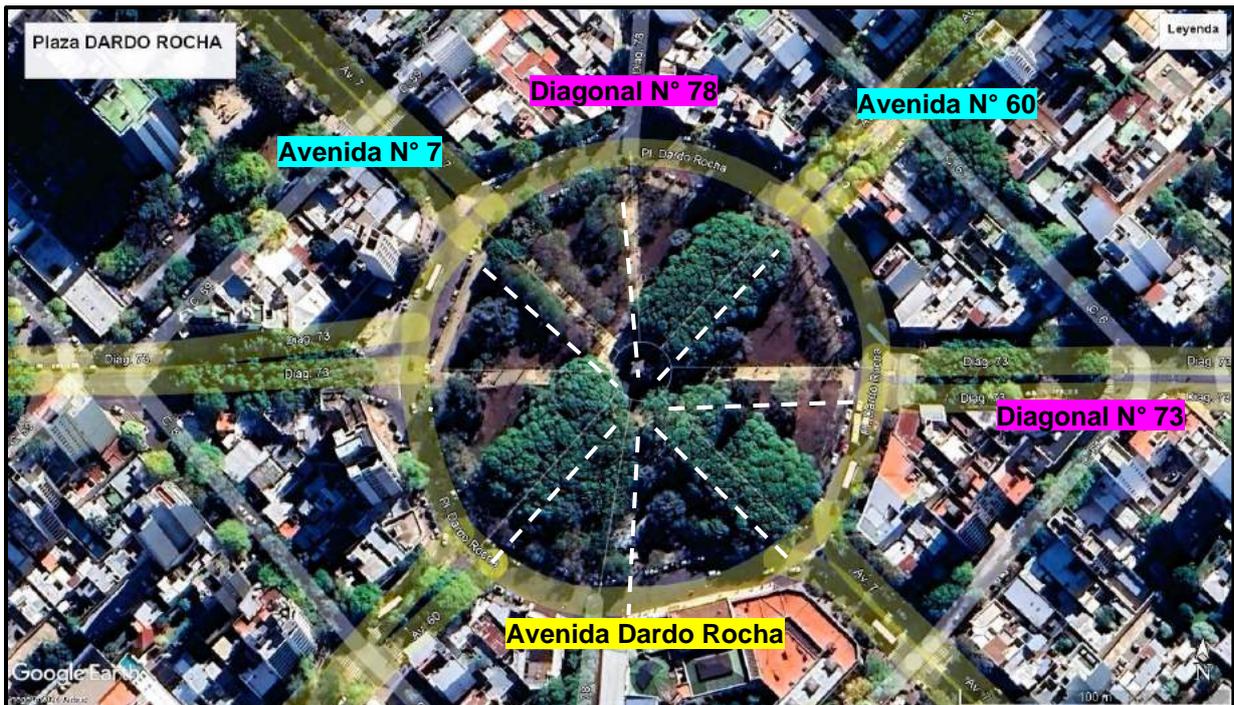


Figura 1-B. Imagen satelital de detalle de la Plaza Dardo Rocha, calles y avenidas más importantes que convergen el espacio verde. Se observa la forma octogonal que adquiere la plaza y los ocho jardines resultantes divididos por sendas internas, indicadas en líneas punteadas blancas. Fuente: Google Earth Pro 2024.

Este espacio verde se destaca por su arbolado concentrado y por tener en su cercanía importantes edificios públicos como la Facultad de Bellas Artes (UNLP) y la Biblioteca de la Universidad Nacional de La Plata. Dicha cercanía, la convierte en el lugar de encuentro de los estudiantes de la Universidad, siendo más intensiva la circulación y uso en días hábiles.

La calle Plaza Dardo Rocha, la cual rodea el perímetro de este espacio público, tiene una importante circulación de autos particulares y transporte público, ya que es uno de los principales ingresos al centro de la ciudad desde las localidades de Berisso y Ensenada. A esto se le suma, el tráfico de las demás avenidas, principalmente de la Avenida N° 7, en la cual se concentran la mayoría de los edificios públicos y parte de la zona céntrica de la ciudad.

La ciudad de La Plata se caracteriza por una planificación urbana desde su origen, con criterios paisajísticos y estéticos, logrando un equilibrio entre el espacio construido (infraestructura gris) y el espacio verde (infraestructura verde). En su diseño cuenta con parques, plazas, bulevares y el conocido Paseo del Bosque¹. Además, se complementa con calles, avenidas y jardines perimetrales de los edificios públicos que dan una idea del valor del arbolado urbano y espacios verdes al momento de planificar la ciudad.

Con respecto al clima de la ciudad, si utilizamos como referencia la clasificación desarrollada por Thornthwaite, La Plata corresponde a un tipo climático húmedo, mesotermal, con nula o pequeña deficiencia de agua. La precipitación media anual para el periodo 1989-2018 fue de 1049,8 mm (Alconada, 2021). En la localidad los vientos predominantes son de tipo ventolina y brisa muy débil (velocidades entre 2 a 11 km/h). En cuanto a la temperatura, presenta un valor promedio mensual de 16.3°C, con una mínima de 11.1°C y máxima de 21.6°C (Alconada, 2021).

2.2. Evaluación del riesgo de caída de árboles de la Plaza Dardo Rocha

¹ Es el mayor espacio verde de la ciudad y fue fundado el 5 de junio de 1882, cuatro meses antes de la fundación de la ciudad. Está situado entre las calles 50, 60, 115 y 122 y tiene una extensión aproximada de 60 hectáreas. Su forestación es muy variada y cuenta con más de cien especies diferentes de árboles, entre los cuales se pueden divisar álamos, robles, ombúes y eucaliptos. El Paseo del Bosque alberga muchas actividades de entretenimiento, como también culturales y científicas como el Museo de Ciencias Naturales, Jardín Zoológico y Botánico, Observatorio astronómico, Planetario, Teatro del Lago “Martín Fierro”, Hipódromo, Casa Ecológica, Jardín de la paz, Gruta y lago y los estadios de Gimnasia y Estudiantes. Fuente: <https://turismo.laplata.gob.ar/portfolio/paseo-del-bosque/>

El estado general del arbolado se analizó en base a la metodología propuesta en la *Guía de evaluación del riesgo de caída de árboles* de Chauchard (2016). Esta Guía establece una serie de criterios e indicadores asociados al árbol y su entorno que se miden a partir de la observación, a fin de establecer un **Índice de Riesgo (IR)** en cada árbol. Esta información permite generar un diagnóstico sobre el estado general del arbolado, riesgo de colapso y peligrosidad de los ejemplares arbóreos evaluados. Se define como árboles riesgosos aquellos que presentan alguna debilidad por causas o defectos que podrían provocar el fallo total o parcial y causar daño a personas, infraestructura, vehículos, etc.

La Guía tiene en cuenta una serie de factores naturales y antrópicos, su influencia en el estado de los árboles y la probabilidad de caída o desprendimiento. Entre los factores naturales se destacan los siguientes:

- **Características de las especies**, conformación o tipología morfológica, temperamento y predisposición a ciertas afectaciones y estrategias de crecimiento.
- **Características del área de estudio (entorno)**, ubicación geográfica y topográfica, suelos y las condiciones climáticas locales.
- **Patologías** tipos, signos, síntomas de enfermedades y plagas con impacto sobre la estabilidad del árbol.

Por otro lado, los principales factores antrópicos que se analizaron fueron las actividades que se desarrollan en el sitio de estudio, que incluye desde las prácticas de manejo de los árboles hasta la influencia de las acciones diarias por parte de los ciudadanos. A su vez, se tiene en cuenta el entorno al área de estudio como la infraestructura y edificaciones circundantes.

2.3. Criterios e indicadores

La Guía contempla tres criterios, ordenados de menor a mayor importancia desde el punto de vista de la incidencia sobre el riesgo de colapso y el consecuente peligro que puede ofrecer. En la Tabla 1 se detallan los criterios e indicadores correspondientes.

Tabla 1. Criterios e indicadores establecidos en la *Guía de evaluación del riesgo de caída de árboles* (Chauchard, 2016).

Criterios	Descripción	Indicadores
1. Entorno y Ambiental	Factores físicos y ambientales relacionados con la ubicación del árbol de una especie determinada en la topografía, el suelo que lo sostiene y la exposición a los factores climáticos principales.	3 1.1. Profundidad 1.2. Pendiente del terreno 1.3. Vecindad y exposición al viento.
2. Forma del Árbol	Morfología del árbol, considerando la copa, el tronco y la raíz, así también la edad o fase de desarrollo en la que se encuentra el árbol y su estatus de competencia frente a los vecinos. Los tamaños o dimensiones se incluyen aquí	8 2.1. Grado de madurez 2.2. Dominancia del árbol 2.3. Tamaño de la copa del árbol 2.4. Tamaño de las ramas del árbol 2.5. Número de troncos 2.6. Verticalidad de árbol 2.7. Forma de raíz 2.8. Estabilidad del árbol
3. Estado/Defectos del Árbol	Situación de fortaleza o debilidad de la raíz, el tronco y la copa.	5 3.1. Vitalidad del árbol 3.2. Vitalidad de la raíz 3.3. Vitalidad del tronco 3.4. Vitalidad de las ramas 3.5. Localización de las ramas afectadas o con riesgo de colapso

Cada indicador recibe una valoración que podrá tener una puntuación entre cero (0) y tres (3), según el grado o severidad de la variable que se considere. A partir de los valores de cada indicador se calcula y asigna un valor promedio a cada criterio, que luego pueden ser ponderados y finalmente sumados para obtener un valor que representa el Índice de Riesgo (IR). Ver ANEXO I – Planilla de datos al final del trabajo.

A continuación, se describen cada uno de los indicadores correspondientes a cada criterio.

1. Entorno y Ambiente

1.1. Profundidad

Se refiere al espacio del que dispone el árbol para desarrollar su sistema radicular, lo cual determinará la fortaleza del anclaje. El análisis debe centrarse en si el anclaje del árbol es forzado a ser más superficial que lo normal dada las condiciones físicas del suelo y con ello aumentar el riesgo de caída por inestabilidad (Tabla 2). Según el desarrollo de las raíces podemos inferir ciertas condiciones del suelo como la profundidad, compactación, porosidad, etc.

Tabla 2. Valoración del indicador Profundidad

Descriptor	Magnitud(*)	Valoración	Observaciones
Normal	>1 metro	0	No se infieren impedimentos para que la especie desarrolle su sistema radicular.
Limitada o Superficial	< 1 metro	2	Son visibles o evidentes uno o más impedimentos para el desarrollo normal de las raíces.

1.2. Pendiente del terreno

Es la magnitud de la inclinación del terreno en el cual está asentado el árbol (Tabla 3).

Tabla 3. Valoración del indicador Pendiente del terreno.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Plana a leve	< 10 %	0	
Moderada	10 a 20 %	1	
Fuerte	> 20 %	3	

1.3. Vecindad y exposición al viento

Se debe analizar principalmente el grado de exposición a los vientos intensos y para ello se debe considerar (Tabla 4):

- Cercanía de los árboles vecinos
- Vientos dominantes e intensidades y localización topográfica
- Exposición a los vientos

Tabla 4. Valoración del indicador Vecindad y exposición al viento.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Protegido	----	0	El árbol posee contacto con los vecinos en todos o en casi todos sus laterales (80%).
Expuesto a sotavento	----	1	Está protegido en el sentido de donde provienen los vientos dominantes. Si la copa favorece la carga de nieve se sube un punto.
Expuesto a barlovento	----	2	Está desprotegido en el sentido de donde provienen los vientos dominantes. Si la copa favorece la carga de nieve se sube un punto.
Desprotegido	----	3	No tiene contacto con vecinos o éste es mínimo.

2. Forma del Árbol

2.1. Grado de madurez

A medida que los árboles crecen van aumentando sus dimensiones y con la sobre-madurez del árbol, aumenta su susceptibilidad a roturas o caídas, producto del debilitamiento por avance, principalmente, de las enfermedades que ocasionan la degradación de la madera y por tanto su resistencia mecánica (Tabla 5).

Tabla 5. Valoración del indicador Grado de madurez.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Renoval	Según Tabla 1	0	Se ha empleado una tabla guía con dimensiones; sin embargo las especies van manifestando su desarrollo a través de la corteza y su estado. Las dimensiones varían según la calidad de sitio y la densidad.
Inmaduro/Juvenil		1	
Maduro		2	
Sobremaduro		3	

2.2. Dominancia del árbol.

El grado de competencia a lo largo de la vida del árbol va influyendo en su tamaño relativo, arquitectura y vigor (Tabla 6).

Tabla 6. Valoración del indicador Dominancia del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Libre	----	0	La copa viva se presenta a lo largo del árbol, las ramas suelen alcanzar su máximo grosor para la especie.
Oprimido	----	1	Árbol que creció por debajo del dosel principal y muestra pérdida de vigor al ser de una especie que sufre la falta de luz directa para crecer. En general tiene mala forma y copa con poco follaje y en árboles inmaduros suele crecer lateralmente.
Intermedio	----	2	Árbol que se encuentra en el dosel superior recibiendo luz directa solamente en la parte superior de la copa, pues en los laterales suele estar comprimida por la de sus vecinos.
Dominante	----	3	Árbol con copa más grande respecto a la de los vecinos, es de los que recibe más luz directa, por encima y los laterales de la misma.

2.3. Tamaño de la copa del árbol

El tamaño de la copa será producto de la edad y el grado de competencia a la que ha sido sometido el árbol a lo largo de su vida. Debe pensarse este concepto en relación a su influencia sobre la estabilidad del individuo (Tabla 7).

Tabla 7. Valoración del indicador Tamaño de la copa del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Pequeña	-	0	La copa no es muy ancha y se extiende en 1/4 de la altura del árbol o menos
Mediana	-	2	La copa no es muy ancha y se extiende en 1/3 de la altura del árbol o menos
Grande	-	3	La copa cubre una gran área y se extiende por la mitad de la altura del árbol o mas

2.4. Tamaño de las ramas del árbol

Se deben considerar las dimensiones, tanto en diámetro como en largo. Se califica como “grande” aquella rama que en caso de colapsar tiene capacidad de daño. Ello relativiza el “tamaño” no solo a las dimensiones sino a la altura en que se encuentra la misma (Tabla 8).

Tabla 8. Valoración del indicador Tamaño de las ramas del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Pequeñas	----	0	
Medianas a Grandes	----	3	Si tiene capacidad de daño, independiente del tamaño absoluto, pues además, la altura en la que se encuentre determinará esta capacidad.

2.5. Número de troncos

Se refiere a la cantidad de bifurcaciones del tronco o eje principal (Tabla 9).

Tabla 9. Valoración del indicador Número de troncos.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Único	----	0	En general se cuenta que el fuste es único en las 2/3 partes de la altura del árbol.
Bifurcado	----	2	Dos pies principales
Polifurcado	----	3	Más de dos pies principales

2.6. Verticalidad del árbol

Se analiza la inclinación que posee el eje del árbol respecto a la vertical (Tabla 10).

Tabla 10. Valoración del indicador Verticalidad del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Vertical	Hasta 10 % de la vertical	0	
Inclinado	10 a 20 %	1	
Muy inclinado	Mayor al 20 %	3	

2.7. Forma de la raíz

Se refiere a la forma que tiene su expansión en superficie. En condiciones normales ello está relacionado con el tamaño de la copa y la ubicación relativa del árbol, pero en este caso en particular la raíz puede verse afectada por actividades humanas, como la construcción (Tabla 11).

Tabla 11. Valoración del indicador Forma de la raíz.

Descriptor	Valoración	Observaciones
Equilibrada	0	Buen desarrollo en todos los sentidos en general asociado a una copa también equilibrada. No se observan daños o denudaciones que la dejen expuesta y se aprecie cierta debilidad.
Irregular	1	Se supone o se observa que se ha desarrollado más en algún sentido, concordante con alguna limitación y un desarrollo de copa irregular o inclinación del árbol. No se observan exposiciones de la misma.
Expuesta	2	Raíz con exposición parcial por denudación del suelo u otra razón.
Disminuida	3	Raíz que ha sufrido daño y ha perdido anclaje, ya sea por condiciones naturales severas o actividades antrópicas. También es el caso de algún descalce parcial del árbol que ha sufrido daño de la raíz y podría mostrar el desprendimiento y levantamiento de la misma en el piso.

2.8. Estabilidad del árbol

Hay un índice ampliamente utilizado en silvicultura que permite valorar su condición de estabilidad potencial frente a presiones externas empleando variables dimensionales del árbol. Este índice se construye como un cociente o razón entre las variables altura del árbol y diámetro a la altura del pecho (DAP) y trata de indicar la robustez o equilibrio entre sus dimensiones. A mayor valor del índice mayor es la inestabilidad potencial del árbol. Este índice se calcula a partir de la fórmula:

$$IE = ht [m] / DAP [cm]$$

Donde:

IE: Índice de Estabilidad

ht: Altura total del árbol, expresado en metros.

DAP: diámetro a la altura del pecho (medido a 1,30 m desde el suelo), expresado en centímetros.

La interpretación general es que árboles con valores de $IE > 0,6/0,8$ comienzan a poseer una condición de susceptibilidad estructural (Tabla 12).

Tabla 12. Valoración del indicador Estabilidad del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Muy estable	$IE < 0,5$	0	
Relativamente estable	$0,5 < IE < 0,6$	1	
Poco estable	$0,6 < IE < 0,8$	2	
Inestable	$IE > 0,8$	3	

3. Estado del Árbol

3.1. Vitalidad del árbol

Es una apreciación del estado general del árbol. Las pudriciones en raíz, tronco y ramas son los elementos más importantes y se considera que cuánto más añoso es el árbol mayor es el grado o susceptibilidad a ser afectado por enfermedades (Tabla 13).

Tabla 13. Valoración del indicador Vitalidad del árbol.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Verde	----	0	Es una apreciación general sobre un estado saludable o mayormente afectado (enfermo).
Enfermo y/o Moribundo	----	2	Si se aprecian debilidades estructurales se le debe asignar la máxima puntuación.
Muerto	----	3	Dependerá del tamaño y estado de desmoronamiento. Si el desmoronamiento es muy avanzado posiblemente se puede disminuir la valoración.

3.2. Vitalidad de la raíz

Hace referencia a la incidencia de los factores naturales o antrópicos sobre la sanidad y pueden disminuir la estabilidad potencial del árbol (Tabla 14).

Tabla 14. Valoración del indicador Vitalidad de la raíz.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Verde	----	0	Sin signos o evidencias de pudrición
Enferma	----	3	Lo usual es que las afectaciones se infieran por los suelos, como los excesos de agua, y los signos de pudrición en el cuello o el estado de la copa (enfermedad del ciprés).

3.3. Vitalidad del tronco

Se refiere al estado que presenta el tronco en sus distintas porciones, dado que es el eje que soporta la copa y a la vez se vincula a la raíz, debilidades producidas por daños o enfermedad disminuirían su estabilidad frente a presiones externas (Tabla 15).

Tabla 15. Valoración del indicador Vitalidad del tronco.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Sin signos	----	0	Apariencia de sano.
Pudrición 1/3 superior	De la altura total	2	Ver consideraciones de ramas.
Pudrición 1/3 medio		2/3	Si se aprecian signos de afectación, pero no es claro la severidad se asigna la menor puntuación. Está soportando toda la copa.
Pudrición 1/3 inferior//basal		3	Está soportando el peso de casi todo el árbol.

3.4. Vitalidad de las ramas

Se refiere al estado que presentan las ramas a lo largo del árbol (Tabla 16).

Tabla 16. Valoración del indicador Vitalidad de las ramas.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Sin signos		0	Apariencia de sana.
Pudrición media de la rama		2	Si la rama es grande y la porción a caer tiene capacidad de daño, se califica como "3".
Pudrición basal o inferior		3	Si son ramas gruesas o con capacidad de daño.

3.5. Localización de las ramas afectadas o con riesgo de colapso.

Contempla la ubicación de ramas con algún tipo de afectación dentro de la copa. Es un Indicador cualitativo, sin puntuación y que ayuda a la valoración global final del Riesgo de colapso que se le asigne al árbol y a la peligrosidad que pueda ofrecer en el lugar (Tabla 17).

Tabla 16. Valoración cualitativa del indicador Localización de las ramas afectadas o con riesgo de colapso.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
1/3 inferior	De la altura del árbol	X	
1/3 medio		X	
1/3 superior		X	

2.4. Relevamiento y procesamiento de datos

El relevamiento de campo se desarrolló durante los meses de enero y febrero de 2023. Contempló el análisis de todos los árboles presentes en la plaza siguiendo la metodología establecida en la Guía. La toma de datos se realizó en forma digital a través de la aplicación Locus Gis (Fig. 2) descargada en un teléfono celular. Esta aplicación permite cargar todos los

indicadores que establece la Guía en distintas capas de información y definir tipos de respuesta según el indicador a fin de agilizar el muestreo (rangos de valores, listado de especies, etc). Con la misma aplicación se tomó un registro fotográfico de cada árbol como referencia para visualizar la condición de los árboles de acuerdo a los datos cargados.

Los datos recopilados por cada árbol con la aplicación Locus Gis, se convierten en un archivo Shape. Este archivo se procesó con el software SIG, llamado QGIS que permite ubicar los árboles en imágenes satelitales y determinar espacialmente, cada individuo con su valor del índice correspondiente.



Figura 2. Software Locus Gis utilizado para la carga de datos y muestreo del arbolado de acuerdo a los indicadores establecidos en la Guía.



Figura 3. Software QGIS utilizado para la georreferencia de los arboles muestreados en el área de estudio.

Una vez finalizado el muestreo, toda la información cargada en la aplicación fue exportada a un archivo excel, donde se realizó el procesamiento de los datos hasta llegar a un valor de IR en cada ejemplar medido.

2.5. Índice de Riesgo (IR)

El IR se obtiene a partir de una fórmula aditiva con ponderación de los criterios (Tabla 17). A su vez, el valor de cada criterio se obtiene por el promedio entre todas las puntuaciones de sus Indicadores. La fórmula se establece de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Riesgo (IR)} = \text{Valor Criterio 1} * [\text{Factor ponderación 1}] + \text{Valor Criterio 2} * [\text{Factor ponderación 2}] + \text{Valor Criterio 3} * [\text{Factor ponderación 3}]$$

Tabla 17. Factor de ponderación de cada criterio.

Criterio	Ponderación
1. Entorno y Ambiente	0.1
2. Forma del Árbol	0.3
3. Estado/Defectos del Árbol	0.6

El criterio que posea entonces la mayor ponderación tendrá el mayor peso en la valoración final. Para concluir, la Guía propone una tabla con rangos del IR como referencia, a fin de clasificar el estado de un árbol de acuerdo a un riesgo bajo, medio o alto (diferenciados por colores de advertencia verde, amarillo y rojo, respectivamente) según al valor de IR obtenido (Tabla 18).

Tabla 18. Clasificación de riesgo Bajo, Medio, Alto según valor de IR.

Riesgo	IR
BAJO	< 1,5
MEDIO	> 1,5 y < 2
ALTO	≥ 2

2.6. Zonificación del área de estudio

Previo al relevamiento y toma de datos, el área de estudio que comprende la Plaza Dardo Rocha se organizó en dos sectores definidos de acuerdo a la ubicación, tipo e intensidad de uso: Sector Vereda y Sector Jardines.

El Sector Vereda está delimitado por la senda ubicada sobre el borde que rodea el espacio octogonal de la plaza (Fig. 4), que limita directamente con la calle Dardo Rocha. Es un área de circulación peatonal constante, que los ciudadanos utilizan, entre otras cosas, para realizar ejercicio físico, pasear con sus mascotas y utilizar los bancos como lugar de esparcimiento. La circulación de los peatones y la permanencia en sitios de actividades recreativas y de distensión, tienen un nulo impacto sobre el arbolado. En este sector, los árboles se ven influenciados por el tránsito vehicular, dado que aquellos de mayor porte pueden causar daños al impactar sobre los mismos y también influyen las podas de formación realizadas con el objetivo de obtener la altura necesaria de la copa y evitar de esta manera incidentes con los vehículos que circulan alrededor.

El Sector Jardines está conformado por el arbolado que se encuentra en las áreas y jardines que fragmentan el espacio interno de la plaza. Es un área que se presta para el esparcimiento donde la gente no solo circula por el interior de la plaza, sino que suele permanecer por determinados periodos realizando una amplia variedad de actividades. Ocasionalmente, se realizan ferias americanas que atraen un importante número de ciudadanos, también se utilizan los juegos para el entretenimiento de niños y niñas, encuentros de grupos de personas con mascotas, reuniones sociales recreativas, etc. (Fig. 5).



Figura 4. Zonificación de área Plaza Dardo Rocha: Sector Vereda. Fuente: Google Earth Pro 2024



Figura 5. Área de juegos infantiles (izquierda) y área de actividades socio-recreativas (derecha) en el Sector Jardines del área de estudio.

La guía propone una categorización según la intensidad de uso y el riesgo de incidente. El área de estudio se clasificó como un “área persistente” entre las distintas categorías que se plantean. Las áreas de riesgo de incidentes persistentes son sitios de permanencia transitoria de personas o vehículos y se caracterizan por la presencia de infraestructura recreativa como mesas, bancos, juegos, sitio de estacionamiento de vehículos, etc.

3. RESULTADOS

Para llevar a cabo el estudio se realizó el relevamiento de los árboles presentes en la totalidad del área con el fin de conocer el número de árboles presentes, las especies y la composición específica (Tabla 19).

Tabla 19. Listado de especies arbóreas presentes en el área de estudio

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	FAMILIA	Nº DE ÁRBOLES	COMPOSICIÓN ESPECÍFICA(%)
<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	Malvaceae	64	45,39
<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	Fabaceae	30	21,28
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	Oleaceae	10	7,09
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés común	Cupressaceae	10	7,09
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	Bignoniáceas	8	5,67
<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	Pinaceae	7	4,96
<i>Hovenia acerba</i>	Hovenia	Rhamnaceae	4	2,84
<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental	Cupressaceae	3	2,13
<i>Pinus canariensis</i>	Pino de canarias	Pinaceae	3	2,13
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	Altingiaceae	1	0,71
<i>Ficus carica</i>	Higuera	Moraceae	1	0,71
-	-	-	141	100,00

SECTOR VEREDA

En el sector Vereda se muestreo un total de 52 árboles, todos pertenecientes a la especie *Tilia moltkei* (Tilo). La mayor parte de los árboles adultos presentaron una altura aproximada de 12 metros. Por su estructura arquitectónica con copa de forma cónica, ancha y compacta y al ser de hoja caduca, durante la temporada estival, otorga una importante proporción de sombra en las veredas lo que provoca entre otras cosas, la regulación de las temperaturas extremas como uno de los servicios ambientales más importantes (Fig. 6 y 7).

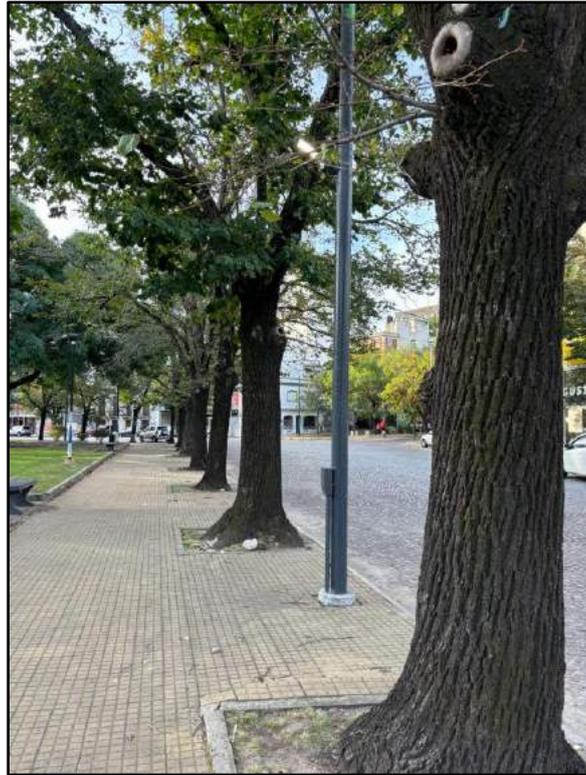


Figura 6. Disposición de los árboles de la especie *T. moltkei* en el Sector Vereda



Figura 7. Imagen satelital donde se identifican numéricamente cada uno de los árboles medidos del Sector Vereda. Fuente: Software QGIS.

El IR calculado para cada ejemplar determinó que el 80.7 % de los tilos se encuentran en Riesgo Bajo, lo que significa que, en su mayoría, presentan un buen estado sanitario y estructural. De los 52 árboles medidos en el Sector, 3 presentaron un IR alto y 7 presentaron un IR medio (Fig. 8) Ver ANEXO II – Resultados completos Sector Vereda.

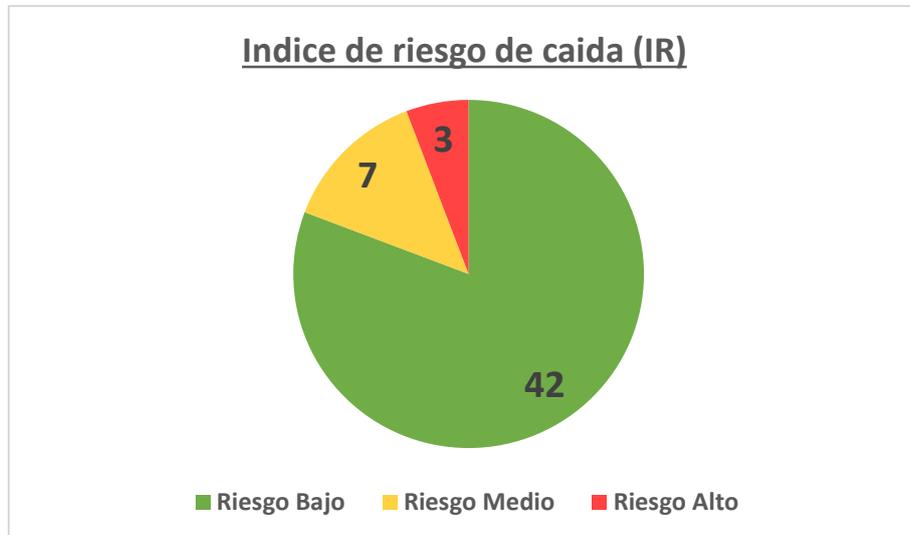


Figura 8. Número de árboles clasificados según riesgo de caída bajo, medio y alto del sector Vereda

Asimismo, se pudo observar que una proporción de estos árboles tenían sus raíces expuestas (Fig. 9) debido a las limitaciones mecánicas provocadas por la estructura de los canteros y la propia vereda. Esta condición puede ser un riesgo potencial, ya que limita el desarrollo del sistema radicular y genera un desequilibrio entre el mismo y la copa. De esta manera, se puede ver afectada la estabilidad del árbol en el futuro y aumenta la probabilidad de caída total o parcial ante fenómenos climáticos adversos, como fuertes vientos.



Figura 9. Ejemplares de *T. moltkei* donde se observan raíces expuestas que rompieron parte de la vereda.

También se observaron heridas causadas por actividades de origen antrópico, relacionadas principalmente con prácticas de poda. El arbolado en este sector es contiguo a la calle Dardo Rocha, donde circulan vehículos de gran porte (colectivos principalmente), por ende muchas de las podas se realizan con el objetivo de conducir la altura necesaria para permitir su circulación (poda de formación). Como se puede observar en la Figura 10, algunas de estas podas se realizaron sobre ramas que superan los 5/10 cm de diámetro, por lo tanto se observa el cierre incompleto con madera de herida (callo). Esto puede ser causal de principios de degradación de la madera, a pesar que está activo el proceso de compartimentación.



Figura 10. Árbol N° 3 y 25 de la especie *T. moltkei* con signos de poda donde se observa el cierre parcial de la herida.

La mayor proporción de los ejemplares son adultos, aunque se observaron algunos árboles más jóvenes que fueron plantados con el objetivo de reemplazar aquellos que habían muerto en ese mismo sitio. Los árboles juveniles presentaron un buen estado de desarrollo y todos con IR Bajo (Fig. 11).



Figura 11. Árbol N° 17 (izquierda) y Árbol N°11 (derecha): Ejemplares juveniles de *T. moltkei* identificados con Índice de Riesgo (IR) Bajo.

Árboles con IR Alto

Tres ejemplares (identificados con la numeración 12, 26 y 28) presentaron un IR alto. Diferentes causas generaron el deterioro de la corteza que dió lugar al avance de enfermedades fúngicas, que dañan en primer lugar la albura y, en estos casos en particular, hasta llegar a la pudrición del duramen (Fig. 12). Dado que el tronco es el eje que soporta la copa y a la vez se vincula a la raíz, efectos producidos por daños o enfermedad como los observados, debilitan la estructura del ejemplar, afectando su estabilidad frente a presiones externas y aumentan el riesgo de caída (Chauchard, 2016).



Figura 12. Árbol N°12 de la especie *T. moltkei* con pudrición basal del tronco.

En el caso del ejemplar N° 26 (Fig. 13) presenta una condición de pudrición basal y a su vez una inclinación mayor al 10 % lo cual incrementa aún más el riesgo de caída. En este caso, se produce un desplazamiento del centro de gravedad, generando mayor inestabilidad.



Figura 13. Árbol N° 26 de la especie *T. moltkei* con una condición de pudrición basal e inclinación mayor al 10%.

Por otra parte, el ejemplar N° 28 corresponde a un árbol maduro, muerto en pie, con ramas de gran tamaño en diámetro y longitud (Fig. 14). Esta condición resulta en un árbol de alto riesgo de caída total o desprendimiento de ramas.



Figura 14. Árbol N° 28 de la especie *T. moltkei* muerto en pie.

Árboles con IR Medio

En este sector, un total de 7 árboles presentaron un IR medio. La presencia de canchros (Ej: árbol N°3) fue uno de los factores comunes entre estos ejemplares. Esta anomalía genera la muerte de partes del tronco o algunas ramas, en su mayoría hasta el cambium. La madera muerta queda expuesta y es susceptible de ser atacada y degradada por hongos (Fig. 15).



Figura 15. Árbol N° 3 de la especie *T. moltkei* con presencia de canchros en la zona basal del tronco.

En el caso de los árboles que presentan canchros se recomienda realizar un monitoreo periódico para controlar el deterioro de los mismos, por el avance de enfermedades. En la Figura 16 se pueden observar los ejemplares N° 33 y N° 34 se visualiza la evolución de enfermedades fúngicas que provocan el debilitamiento del tronco.



Figura 16. Árbol N° 33 y 34 de la especie *T. molkei* con presencia de canchros en un estado de degradación avanzado.

Árboles con IR Bajo

Esta categoría representa a la mayoría de los ejemplares del sector. Son aquellos que dada su buena condición no manifiestan un riesgo de fallo inminente (Fig. 17). Se observaron ejemplares jóvenes que dada su edad, tamaño y estructura representan un IR bajo. Dentro de esta categoría también se observaron árboles maduros en buenas condiciones. En general, presentan un buen estado de la copa, tronco y raíces. Más allá de esto, las condiciones de los árboles son variables debido a la amplitud de valor del rango (IR entre 0 y 1,5). Aquellos que a partir del cálculo del IR, evidenciaron valores cercanos a 1,5, presentaron canchros poco evolucionados o daños causados por la poda.



Figura 17. Árbol N° 49 y 51 de la especie *T. moltkei* con una buena condición y bajo riesgo de caída.

SECTOR JARDINES

Se relevaron un total de 89 árboles (Fig. 18), los cuales pertenecían a 11 especies diferentes (Tabla 2). En su mayoría presentaron una buena condición y bajo riesgo de fallos (95,5%).



Figura 18. Imagen satelital donde se identifican numéricamente la distribución de puntos muestreados, correspondientes a cada ejemplar medido del sector Jardines. Fuente: Software QGIS

Aunque el sector presenta mayor diversidad de especies en comparación al sector Vereda, más de la mitad de los árboles están identificados dentro de cuatro especies principales: *Tipuana tipu* (Tipa), *T. moltkei* (Tilo), *Fraxinus pennsylvanica* (Fresno americano) y *Cupressus sempervirens* (Ciprés común), representando el 69,6% del total (Fig. 19).

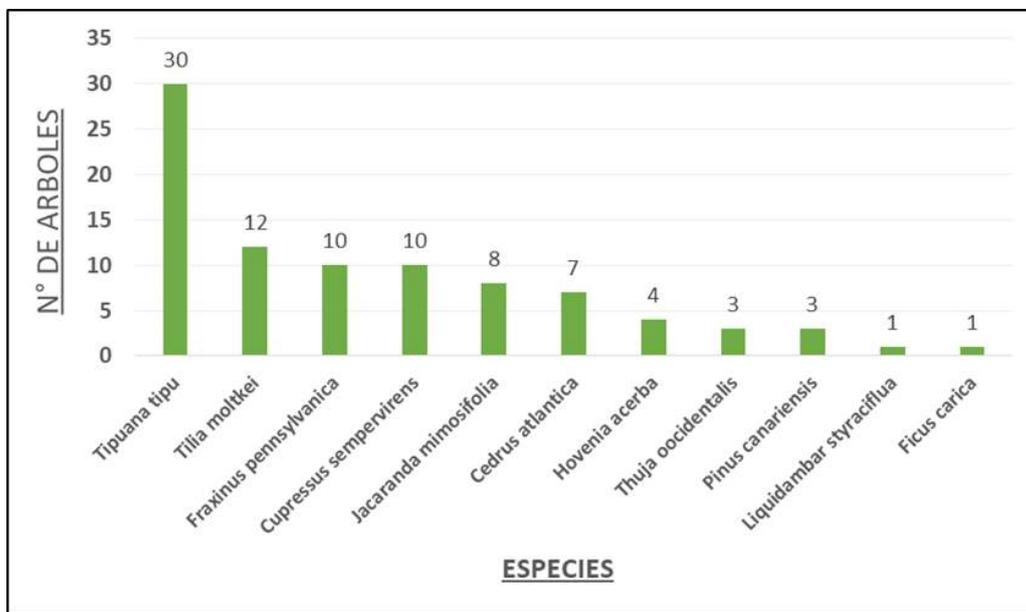


Figura 19. Composición específica del Sector Jardines

En primer lugar se encuentra la tipa con 30 ejemplares, todos con IR bajo. Aun así, es importante realizar un control periódico ya que son árboles de gran magnitud, alcanzando los 20 metros de altura en algunos casos, representando un potencial riesgo de caída o desprendimientos de ramas (Fig. 20).

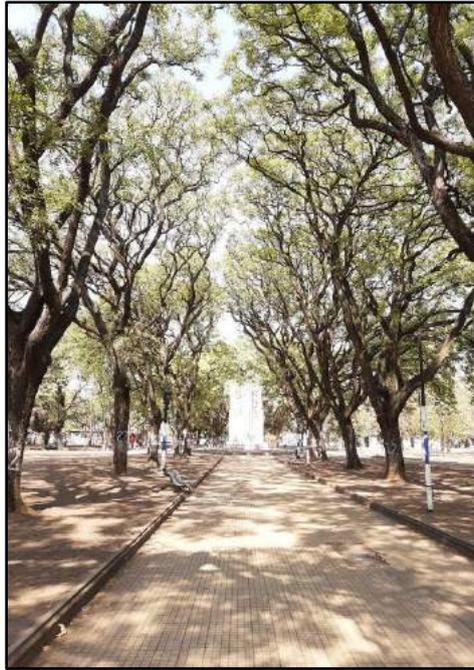


Figura 20. Tipas (*T. tipu*) en el sector Jardines

Al igual que en el sector Vereda, se calculó el índice de riesgo de caída (IR) para el sector Jardines, donde se pueden observar los resultados obtenidos en la Figura 21. Ver ANEXO III – Resultados completos Sector Jardines.

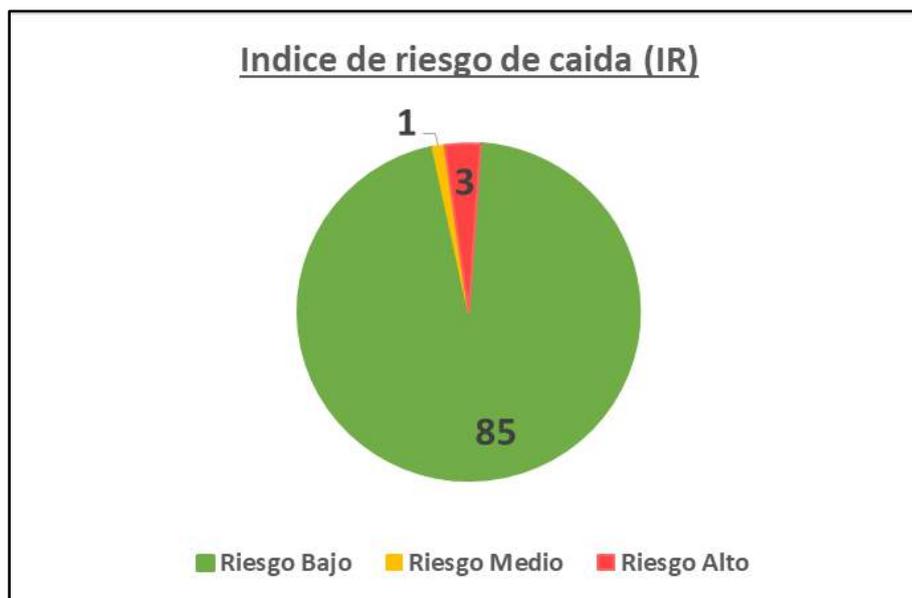


Figura 21. Número de árboles clasificados según IR bajo, medio y alto del sector Jardines

Árboles con IR Alto

Los ejemplares con IR elevados del sector son árboles muertos, de los cuales uno pertenece a la especie *C. sempervirens* (Fig. 22) y otros dos ejemplares a la especie *Hovenia acerba* (Fig. 23). Una vez alcanzada esta condición, el riesgo se va incrementando de forma gradual, quedando más debilitado para soportar diferentes fenómenos climáticos. Si el ejemplar no es extraído, se comienza a dar un desmoronamiento paulatino hasta llegar al colapso total, si la afectación o debilidad es grande.



Figura 22. Árbol N° 90 ejemplar perteneciente a la especie *C. sempervirens* muerto en pie.



Figura 23. Árbol N° 126 y 127 ejemplares de *Hovenia acerba* muertos en pie.

Árboles con IR Medio

Solo un árbol presentó un IR medio ($<1,5$ IR <2), el mismo pertenece a la especie *Pinus canariensis* (Fig. 24). Es un árbol que se encuentra muerto en pie, relativamente joven y dado su tamaño no llega a generar un riesgo alto ante su posible caída. Sumado a esto, no se encuentran estructuras fijas en cercanías, que puedan verse afectadas ante una eventual caída. No obstante, es importante realizar monitoreos periódicos, ya que es un sector donde los vecinos realizan actividades de permanencia esporádica.



Figura 24. Árbol N° 106, ejemplar de *P. canariensis* muerto en pie.

Árboles con IR Bajo

Dentro de la categorización general fue la de mayor proporción, lo que indica un buen estado del arbolado en el sector. Esto no determina que no deba hacerse un relevamiento periódico para monitorear su evolución. Los ejemplares con IR más elevados dentro de los límites de la categoría ($<1,5$) fueron el Árbol N° 105 (*P. canariensis*) y el Árbol N° 132 (*C. sempervirens*) con valores de 1,01 y 1,13 respectivamente (Fig. 25).



Figura 25. Árbol N° 105 (izquierda) *P. canariensis* y Árbol N°132 (derecha) *C. sempervirens*.

Como podemos ver en la figura 26, en el sector Jardines se observó el mismo comportamiento de la especie *T. moltkei* que en el otro sector estudiado, ya que los ejemplares mostraron una alta exposición de sus raíces. Esto no representa un incremento en el valor de riesgo de caída. Esto se debe a la erosión por el uso del suelo (juegos, deportes, ferias). Se recomienda realizar estudios de compactación de este suelo, ya que podría ser un problema en el mediano plazo para los árboles.



Figura 26. Árbol N° 62 (izquierda) y 58 (derecha) de la especie *T. moltkei* con alta exposición de raíces.

4. ACCIONES RECOMENDADAS

Tal como lo menciona Chauchard (2016) en la Guía de referencia usada como base metodológica para el presente estudio, los resultados del Índice de Riesgo sirven de ayuda para que el técnico/a pueda discriminar aquellos árboles que merecen una atención especial y un eventual seguimiento o monitoreo. El valor del IR no establece de forma directa una determinada acción, como el apeo o poda de un árbol, sino que la acción es determinada por el evaluador luego de examinar detalladamente el árbol en base a su conocimiento, experiencia y objetividad. Un ejemplar con un IR alto no necesariamente es un ejemplar a punto de colapsar, pero el Índice está indicando que por una o varias razones su condición se aleja de la ideal (IR=0).

Más allá de que el valor del índice no signifique una acción directa, uno de los objetivos específicos del trabajo es establecer posibles acciones que disminuyan el riesgo de caída de los árboles.

- **Monitoreos periódicos.** A partir del diagnóstico generado en este trabajo, se recomienda realizar anualmente un monitoreo de todos los ejemplares. Actualmente, se están registrando fenómenos climáticos extremos (vientos fuertes y precipitaciones intensas) lo que hace necesario un seguimiento más riguroso. En caso de no extraer los

ejemplares que obtuvieron un valor de IR medio y alto, se deberá relevar de forma más detallada para observar la evolución y determinar con anticipación el momento de extracción, para evitar incidentes sobre los transeúntes que recorren a este espacio o daños a servicios e infraestructura.

- **Extracción de ejemplares.** Algunos ejemplares de alto riesgo presentaron condiciones particulares en la cual hace viable evaluar su extracción. Entre ellos se encuentran los árboles N° 12 y 26 del sector Vereda y 90 del sector Jardines. El primer y segundo árbol mencionado con signos visibles de daños estructurales y el último que es un árbol que se encuentra muerto en pie. Para estos casos en particular, se recomienda evaluar la medida de extracción, ya que son de alto riesgo para las personas y los bienes en sus cercanías.
- **Poda.** Muchos de los árboles medidos incrementan su valor de IR por el mal estado de sus ramas. Ejemplares con IR lejanos a cero, pueden disminuir su valor si se realiza una poda de limpieza. Es una práctica que consiste en cortar las ramas muertas o quebradas que se encuentran unidas al fuste y donde no se produce alteración en el equilibrio fisiológico del árbol, por no haber reducción de la superficie foliar. Si la muerte de la rama es total, no importa la época en la que se realice la práctica ya que no se hacen nuevas heridas.
- **Reemplazo de los ejemplares extraídos.** En caso de que se extraigan los ejemplares de alto riesgo, se recomienda sustituirlos por nuevos árboles para mantener la población arbórea del espacio verde. Elegir bien las especies es uno de los primeros pasos para un buen desarrollo del arbolado público (Ledesma, 2008). Por ende, se deberá seleccionar cuidadosamente la especie a ser plantada para evitar que se generen riesgos o condiciones no deseadas y en base a los servicios ecosistémicos que queremos que brinde. A su vez, debemos seleccionar la especie teniendo en cuenta su adaptabilidad con las condiciones del lugar (preferentemente especies nativas) y mantener un cierto alineamiento con las especies ya establecidas.

5. CONCLUSIÓN

Este estudio refleja que es posible aplicar estas metodologías para establecer alternativas de gestión modernas del arbolado. Las decisiones que se toman respecto a intervenciones (poda, extracción, tratamientos fitosanitarios, etc) deben tener fundamentos basados en estudios concretos sobre el arbolado. Por esta misma razón se hace necesario incluir estas metodologías en los planes de manejo del arbolado urbano. Por otra parte, esta herramienta elimina gran parte

de la subjetividad al momento de actuar sobre un árbol. Es necesario también, aunque generalmente difícil de conseguir, incluir en el análisis el historial de manejo del árbol (podas x ejemplo) y las intervenciones al entorno (zanjeos, tendido de redes, construcciones). Estas últimas sobre todo son necesarias porque es lo que habitualmente no vemos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alconada Magliano M. (2021). “*Producción hortícola periurbana: Aspectos técnicos y laborales*”. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar>
- Aprea AM y Murace MA. (2019). “*Problemáticas sanitarias del arbolado*”. La Plata-Argentina. Editorial Edulp. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar>
- Bardi J y D’Alfonso C. (2022). *Método VTA modificado para evaluar riesgo en árboles del Parque Municipal de Azul*. Editorial de la Universidad Nacional del Sur.
- Birche ME. y Jensen KC. (2018). “*Relevamiento y catalogación de los espacios verdes de uso público de la Ciudad de La Plata, Argentina*”. Revista Urbano N° 37, pp. 82-93.
- Benito G y Palermo Arce M. (2021). *El árbol en la ciudad: manual de arboricultura urbana*. Buenos Aires. Editorial de la Facultad de Agronomía. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/libros/9789873738357.pdf>.
- Chauchard LM. (2016). “*Guía para la evaluación del riesgo de caída de árboles en áreas recreativas-Región Patagonia*”. Buenos Aires-Argentina: Editorial APN.
- Coletti R. (1995). “*El elemento vegetal en la identidad de la ciudad de La Plata*”. Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente (LINTA). La Plata-Argentina. P. 63-69.
- Ledesma M. (2008). *Arbolado público. Conceptos. Manejo*. Ediciones INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Recuperado de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-de-buenos-aires/agronomia/libro-arbolado-publico-ledesma-inta-2008/55020909>.
- ONU Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago. ISBN: 978-92-1-058643-6. *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>.
- Röbbel, N. (s.f.). *Los espacios verdes: un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas*. ONU. Consultado el 20 Octubre de 2023. <https://www.un.org/es>
- UNFCCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2022). *ONU-Hábitat lanza el Informe Mundial de las Ciudades 2022*. Recuperado de <https://unfccc.int/es>. Consultado 23 de Mayo de 2023.
- Urcelay C, Robledo G, Heredia F, Morera G y García Montaña F. (2012). “*Hongos de la madera en el arbolado urbano de Córdoba*”. 1a ed. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal.

ANEXO I. Planilla de datos

				Fecha				
				Árbol Especie y N°				
				UBICACIÓN				
				Técnico				
ENTORNO y AMBIENTE	Profundidad	Normal	0	ESTADO/DEFECTOS	Estado del Árbol	Verde	0	
		Limitada/Superficial	2			Enfermo/Moribundo	2	
	Pendiente	Plana <10%	0		RAÍZ	Verde	0	
		Moderada <20%	1			Enferma	3	
	Exposición al Viento	Fuerte >20%	3		TRONCO	Sin Signos	0	
		Protegido	0			1/3 Superior	2	
		Expuesto a SOTAvento	1			1/3 Medio	3	
		Expuesto a BARLOvento	2			1/3 Inferior y/o basal	3	
	FORMA	Fase de Desarrollo	Desprotegido		3	RAMAS	Sin Signos	0
			Renovál		0		Pud. Media	2
Juvenil/Inmaduro			1	Pud. Basal/Inferior	3			
Maduro			2	Muerta Fina	1			
Dominancia		Sobremaduro	3	RAMAS	Muerta Gruesa	3		
		Libre	0		1/3 Inferior	x		
		Oprimido	1		1/3 Medio	x		
Tamaño de la Copa		Intermedio	2	PELIGRO:	1/3 Superior	x		
		Grande	3		Descalce	x		
		Pequeña	0		Desgaje	x		
Tamaño de Ramas	Mediana	2	RIESGO	Rotura	x			
	Grande	3		Desrame	x			
FORMA	Número de Troncos	Pequeña	0	BLANCO				
		Mediana a Grande	3	A: Alto - M: Medio - B: Bajo				
	Verticalidad	Único	0	MEDIDAS RECOMENDADAS				
		Bifurcado	2	Árbol N°:				
		Polifurcado	3	Árbol N°:				
	Raíz	Vertical	0	Árbol N°:				
		Inclinado < 20 %	1	Árbol N°:				
		Muy Inclinado > 20 %	3	Árbol N°:				
	DAP	Equilibrada	0	Árbol N°:				
		Irregular	1	Árbol N°:				
Expuesta		2	Árbol N°:					
Estabilidad	Disminuida	3	Árbol N°:					
	ALTURA							
	Índice Estabilidad							
Estabilidad	Muy estable IE<0,5	0						
	estable IE<0,6	1						
	Poco estable IE<0,8	2						
	Inestable IE>0,8	3						

ANEXO II- Resultados completos Sector Vereda

N° árbol	Nombre científico	Nombre común	IR
1	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
2	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,64
3	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,53
4	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,68
5	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,71
6	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,94
7	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,94
8	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,41
9	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,71
10	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,23
11	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,11
12	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	2,14
13	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,08
14	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
15	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,11
16	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,41
17	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,22
18	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,18
19	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,11
20	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,90
21	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,86
22	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,43
23	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
24	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,15
25	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,61
26	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	2,17
27	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,68
28	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	2,17
29	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,57
30	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,38
31	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,56
32	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,48
33	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,65
34	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,53
35	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,01

36	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,39
37	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,54
38	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,75
39	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,83
40	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
41	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,16
42	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,20
43	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,09
44	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
45	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,20
46	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,82
47	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,13
48	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	1,24
49	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,53
50	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,19
51	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
52	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,18

ANEXO III- Resultados completos Sector Jardines

Nº árbol	Nombre científico	Nombre común	IR
53	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,56
54	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental	0,49
55	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	0,60
56	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
57	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,52
58	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
59	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
60	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
61	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
62	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
63	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
64	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
65	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,45
66	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,49
67	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,52
68	<i>Tilia moltkei</i>	Tilo	0,52
69	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental	0,30
70	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,75
71	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,75
72	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,82
73	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,52
74	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,52
75	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,30
76	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,48
77	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,53
78	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
79	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
80	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
81	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
82	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,75
83	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,41
84	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
85	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,86
86	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,71
87	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,71

88	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,41
89	<i>Ficus carica</i>	Higuera	0,41
90	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	2,25
91	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,90
92	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,45
93	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,75
94	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,94
95	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
96	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,83
97	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,41
98	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
99	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
100	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,86
101	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,94
102	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,79
103	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
104	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,75
105	<i>Pinus canariensis</i>	Pino de canarias	1,01
106	<i>Pinus canariensis</i>	Pino de canarias	1,87
107	<i>Pinus canariensis</i>	Pino de canarias	0,93
108	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,45
109	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,41
110	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,41
111	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,41
112	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,41
113	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,98
114	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,90
115	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,86
116	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	0,60
117	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,45
118	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
119	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,41
120	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,53
121	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,49
122	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,98
123	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,48
124	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	0,97
125	<i>Hovenia acerba</i>	Hovenia	0,45
126	<i>Hovenia acerba</i>	Hovenia	2,10

127	<i>Hovenia acerba</i>	Hovenia	2,10
128	<i>Hovenia acerba</i>	Hovenia	0,48
129	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,48
130	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,45
131	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,86
132	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	1,13
133	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,64
134	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,56
135	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno	0,79
136	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,45
137	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,83
138	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,45
139	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedro plateado	0,75
140	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cipres común	0,71
141	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental	0,41