

Evaluación del riesgo del arbolado de la plaza Belgrano en Punta Alta (Argentina)

Jesús Valeria Soledad Duval

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)  

Graciela María Benedetti

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (Argentina) 

Ana Laura Ramos Lopetegui

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Consejo Interuniversitario Nacional (Argentina)  

<https://dx.doi.org/10.5209/aguc.102095>

Recibido: 18 de octubre de 2024 / Enviado a evaluar: 15 de noviembre de 2024 /

Aceptado: 27 de marzo de 2025 / Publicado en línea: 10 de abril de 2025

Resumen. El artículo tiene como objetivo evaluar el riesgo del arbolado de la plaza Belgrano en Punta Alta, Argentina. Para ello se realizó un relevamiento de los árboles, identificando 156 ejemplares. Se observó en cada uno, su altura, la inclinación de la copa, el diámetro a la altura de pecho, el estado de la copa, el porcentaje de ramas secas y el estado físico y sanitario. Posteriormente fueron seleccionados 20 árboles pertenecientes a 6 especies y se les aplicó el método de Evaluación Visual Básica para determinar su riesgo. Como resultado, se identificó que *Acacia melanoxylon* y *Parasenegalalia visco* fueron las especies que presentaban mayor riesgo en la plaza. Los principales defectos de los árboles observados fueron problemas radiculares y unión débil de ramas. La selección correcta de las especies arbóreas en los espacios verdes y su adecuado mantenimiento es clave para reducir el nivel de riesgo de los árboles sobre la población que circula por la plaza.

Palabras clave: riesgo del arbolado urbano; espacios verdes; evaluación visual básica; cartografía.

[ENG] Risk assessment of the trees of plaza Belgrano in Punta Alta (Argentina)

Abstract. The article aims to evaluate the risk of the wooded plaza Belgrano in Punta Alta, Argentina. For this purpose, a survey of the trees was carried out, identifying 156 specimens. Each was observed in its height, the inclination of the cup, the diameter at chest height, the state of the cup, the percentage of dry branches and the physical and sanitary condition. Subsequently, 20 trees from 6 species were selected and the Basic Visual Assessment method was applied to determine their risk. As a result, *Acacia melanoxylon* and *Parasenegalalia visco* were identified as the species that presented the greatest risk in the plaza. The main defects of the trees observed were root problems and weak branch connections. The correct selection of tree species in green spaces and their proper maintenance is key to reducing the level of risk posed by trees to the population that circulates through the square.

Keywords: risk of urban trees; green spaces; basic visual assessment; mapping.

Cómo citar: Duval, V. S., Benedetti, G. M., Ramos Lopetegui, A. L. (2025). Evaluación del riesgo del arbolado de la plaza Belgrano en Punta Alta (Argentina). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 45(1), 15-26.

1. Introducción

En el contexto actual donde la población urbana crece de forma acelerada, la vulnerabilidad de las ciudades es cada vez mayor. En este sentido, los bosques urbanos tienen un rol clave en el incremento de la resiliencia y sostenibilidad urbana (Cariñanos et al., 2018). Según Salbitano et al. (2016), estos deberían ser una de

las prioridades en las estrategias de planificación a nivel local, ya que se maximizarían los beneficios que brindan los árboles y se reduciría el costo de la infraestructura gris. Sin embargo, el arbolado urbano requiere un mantenimiento periódico de su estado físico y sanitario para que esos beneficios sean positivos para la población.

Los árboles urbanos se encuentran en un medio hostil e inadecuado, debido a las actividades que la sociedad realiza en su entorno, por las cuales están expuestos a diferentes problemáticas que reducen su vigor y afectan su estabilidad (De la Vega Centurión, 2017). Un árbol presenta riesgo cuando existe la proximidad de un daño, es decir hay condiciones que propician la generación de un accidente (Benito y Palermo Arce, 2021). Se convierte en peligroso cuando reúne dos condiciones en simultáneo: que exista potencial de fallo o colapso y que ese fallo provoque daños a bienes o personas. Es posible controlar parcialmente estos riesgos a través de un adecuado mantenimiento. Para ello es necesario evaluar las condiciones de los árboles con el objetivo de reconocer y reducir potenciales riesgos, estableciendo protocolos de gestión del riesgo y utilizando métodos de evaluación para recomendar acciones de mitigación (Coelho Duarte, 2021).

A nivel mundial, los primeros estudios relacionados con la evaluación del riesgo de árboles urbanos comenzaron en la década de 1960, con algunos textos situados en áreas recreacionales de ciudades del hemisferio norte. Sin embargo, el mayor avance se dio en década de 1980, cuando el tema adquirió relevancia con aportes de Johnson (1981), Matheny y Clark (1994) y Pokorny (2003) como principales exponentes. Estos estudios tenían como objetivo definir factores ambientales y las características de los árboles para distinguir situaciones de riesgo. En España, también existe un gran desarrollo de literatura vinculada a esta temática desde la década de 2000 (Calaza Martínez e Iglesias Díaz, 2016; Díaz-Galiano Moya y Ruíz Rolle, 2019).

En América Latina, en general los estudios sobre el riesgo del arbolado son más recientes. Se realizaron diagnósticos del arbolado urbano en distintas ciudades de Colombia, Panamá, Ecuador, Brasil y Uruguay. En ellos se determinaron el estado y riesgo del arbolado y, a partir de esto, se establecieron diferentes propuestas para mejorar la planificación y gestión integral del mismo (Aristizabal Mejía, 2017; Rubatino Santizo, 2017, Pérez Miranda et al., 2018; Ivasko et al., 2019; Coelho Duarte, 2021; Aguilar et al., 2023). Además, aplicaron metodologías ya existentes, por ejemplo, el método Visual Tree Assessment (VTA), y concluyeron que son herramientas fundamentales para la gestión de los árboles. Sin embargo, es necesario contar con personal instruido para su correcta evaluación.

En Argentina, los avances sobre esta temática comenzaron en el año 2010. En la provincia de Buenos Aires, Rodríguez Bormioli et al. (2017) realizaron el diagnóstico del arbolado de la localidad de Olivera y elaboraron cartografía temática de los árboles según categorías de riesgo, sobre la base de la pudrición del leño. Por otra parte, Lucia (2019) analizó el estado sanitario del arbolado en la ciudad de La Plata e identificó las problemáticas que presentaron los ejemplares. En la misma ciudad, Boudet (2024), evaluó el riesgo de caída de árboles en una plaza sobre la base del Índice de Riesgo. En la provincia de Santa Fe, Castro et al. (2019) cuantificaron los factores que afectaban la condición de peligro de los árboles que consideraron en un barrio de la ciudad de Rosario. En La Pampa, Rossini y Mazzola (2022) estudiaron el estado y composición del arbolado viario en la localidad de Santa Rosa mientras que en Mendoza, Martínez y Coelho Duarte (2023) realizaron una evaluación in situ de muestra representativa de ejemplares de *Platanus hispanica* y *Morus alba* con defectos, lesiones y signos de estrés en la ciudad capital.

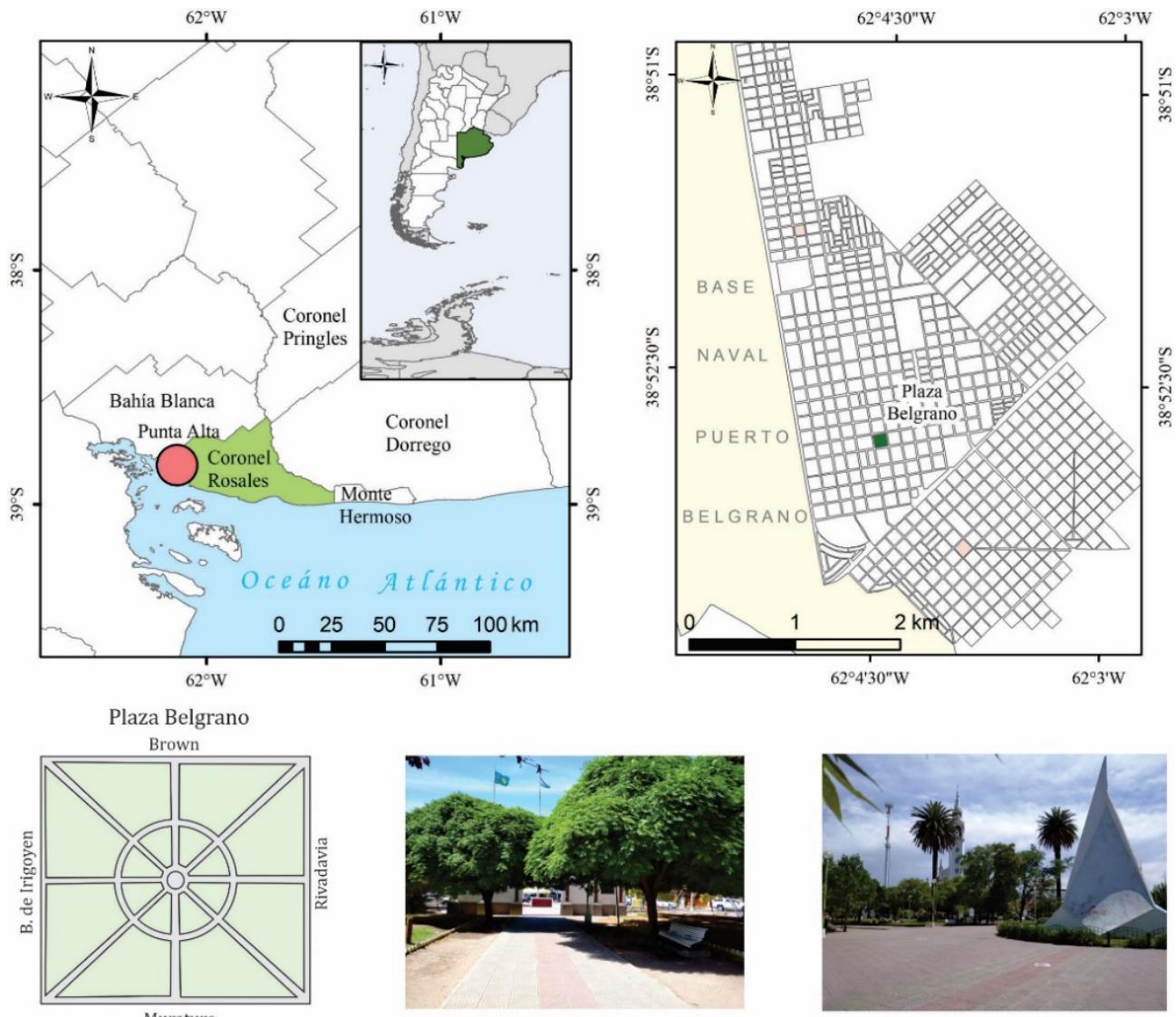
2. Área de estudio

Punta Alta es la ciudad cabecera del partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales (Figura 1). El partido limita al oeste con el partido de Bahía Blanca, al norte con Coronel Pringles, al este con Coronel Dorrego y Monte Hermoso y al sur con el océano Atlántico. La localidad se orienta en sentido noroeste-sureste, extendiéndose paralelamente a la línea de costa, las vías del ferrocarril y la Base Naval Puerto Belgrano (Ramos, 2014). Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2022, el partido cuenta con una población de 65.823 habitantes (INDEC, 2024).

Geomorfológicamente, la ciudad se desarrolla dentro de una llanura sedimentaria que desciende en altura hacia la costa, hasta las planicies de marea (Durán, 2020). Además, se encuentra próxima al mar y forma parte del estuario de Bahía Blanca, razón por la que presenta suelos salinos y arenosos (Geraldi y Melo, 2024). El clima es templado de transición, con una temperatura media anual de 16,2°C y una precipitación anual de 436,8mm (Ramos, 2014). Desde el punto de vista fitogeográfico, Punta Alta se encuentra en la región Pampeano Austral constituida por una pseudoestepa de mesofítas con matorral serrano (Arana et al., 2021) junto con estepas herbáceas psamófilas en ambientes arenosos y estepas arbustivas halófilas en ambientes salitrosos.

La ciudad cuenta con doce espacios verdes públicos situados, en su mayor parte, en la zona norte y este, siendo los barrios ubicados en la zona oeste y sur los que menos áreas verdes presentan. Para este trabajo, se seleccionó la plaza Belgrano, ubicada en el barrio Centro (Figura 1), que posee una superficie de 16,1m² y está rodeada por edificios públicos como la oficina municipal, la iglesia católica y la comisaría. No existen estudios realizados sobre el riesgo del arbolado urbano. Es por ello que en este trabajo se propone realizar una evaluación del riesgo del arbolado en la plaza central de la ciudad.

Figura 1. Localización de la plaza Belgrano en Punta Alta, Buenos Aires.



Fuente: elaboración propia sobre la base del Instituto Geográfico Nacional (2023).

3. Metodología

En primera instancia se realizó un inventario de todas las especies que se encontraban en la plaza Belgrano en Punta Alta. En este se identificó, para cada árbol, la especie, su altura, su diámetro de copa, el diámetro a la altura de pecho, el origen (nativo o exótico), la periodicidad (caduco o perenne), la inclinación de su tronco (no presenta, leve, moderada o severa), el estado de su copa (balanceada, desbalanceada, mal formada o mutilada), los defectos presentes (cavidades, grietas, etc.), la porción de ramas secas (menos del 40%, entre 40 y 80% y más de 80%) y las raíces expuestas (presencia o ausencia). Estas últimas cinco variables permitieron definir el estado físico y sanitario de los árboles.

A partir del diagnóstico, se seleccionaron 20 árboles que se encontraban con un estado físico y sanitario malo. A estos ejemplares se les aplicó la metodología de la Evaluación Visual Básica (VB) propuesta por Coelho Duarte (2021). Según la Norma ISO 31010/2009, la evaluación del riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y valorar todos los factores que afectan tanto la probabilidad como a la consecuencia de que un árbol o parte de él, falle. Dicha evaluación se integra de tres componentes: la probabilidad de falla, la probabilidad de impacto y las consecuencias (Tabla 1). El primero se relaciona con la presencia de variables como los defectos del árbol, las características del sitio y las condiciones climáticas. La segunda está vinculada con la probabilidad que tiene un árbol o parte de éste de fallar y que impacte en un blanco, ya sean personas o bienes. Las consecuencias corresponden a una medida indirecta de la proporción del daño que puede causar la caída del árbol o parte de él. La combinación de los tres componentes deriva en la clasificación del riesgo, la que puede expresarse en términos cualitativos o cuantitativos (Coelho Duarte, 2021).

Tabla 1. Características de los componentes de la Evaluación Visual Básica.

Componentes	Descripción
Probabilidad de falla	Defectos estructurales: pudrición, grietas, problemas radiculares, uniones débiles, cancro, arquitectura pobre, madera muerta. Probabilidad de falla dividida en 4 categorías: bajo, moderado, alto y extremo.
Probabilidad de impacto	Tipo de blanco: peatones, ciclistas, vehículos. Tasa de ocupación: raro, ocasional, frecuente. Zona y protección del blanco. Probabilidad de impacto dividida en 4 categorías muy bajo, bajo, medio y alto.
Consecuencias	Parte del árbol más probable de fallar. Ejemplos, tamaño de la parte y peso para cada categoría. Consecuencias en 4 categorías: insignificante, menor, significativa y severa. Distancia de la caída. Reducción de la masa de la parte.

Fuente: elaboración propia sobre la base del Coelho Duarte (2021).

Como resultado de la aplicación de la VB se establece una clasificación del riesgo utilizando cuatro rangos (bajo, moderado, alto y extremo), resultantes de la sumatoria de los componentes de probabilidad de falla, probabilidad de impacto y consecuencia. El riesgo es bajo cuando el resultado de la suma da valores entre 3-8, moderado cuando es de 9, alto cuando el valor es entre 10 y 11 y es extremo cuando da un número de 12. Los resultados del riesgo del arbolado fueron mapeados junto con el área de influencia máxima de cada árbol que define las zonas de la plaza que podrían ser afectadas si el árbol colapsara.

4. Resultados y discusión

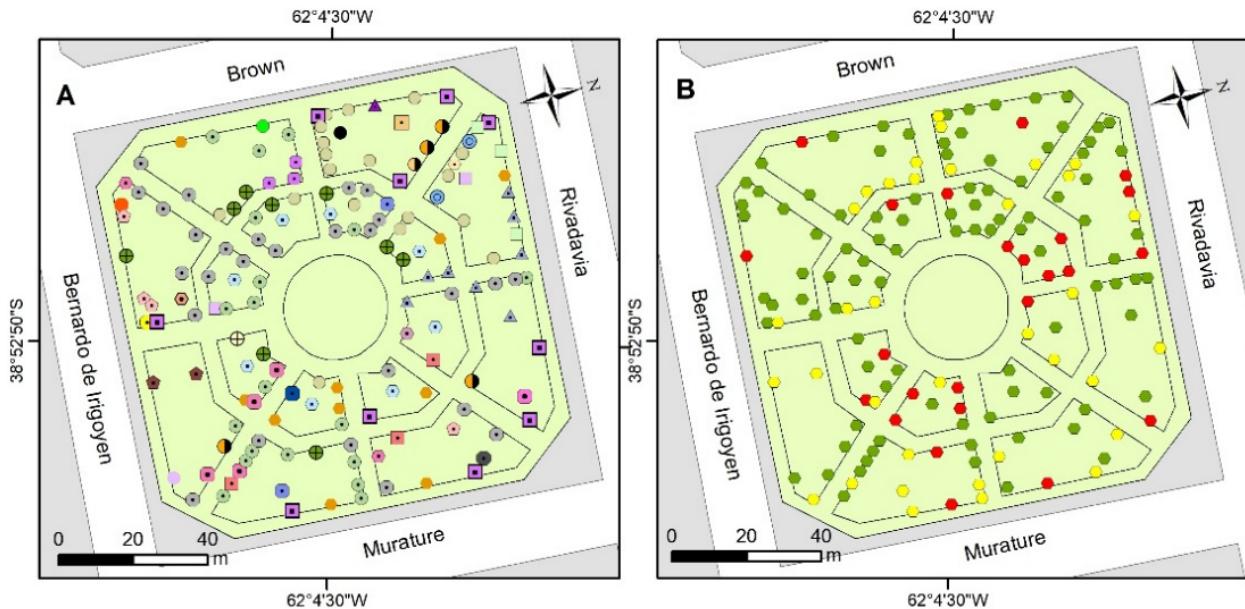
4.1. Caracterización del arbolado en la plaza

Sobre la base del relevamiento del arbolado en la plaza Belgrano se identificaron 156 árboles pertenecientes a 34 especies (Figura 2). Las especies más representativas por su frecuencia fueron: *Fraxinus pennsylvanica* (fresno americano), *Grevillea robusta* (roble sedoso) y *Brachychiton populneus* (braquiquito). En general, se presentan patrones lineales en los canteros. Por ejemplo, los fresnos americanos se encuentran en los pasillos internos de la plaza. Además, en cada cantero, que se sitúa en los alrededores del monumento del centro de la plaza, se detectó la presencia de palmeras canarias (*Phoenix canariensis*). Los braquiquitos fueron colocados al norte de la plaza, en los canteros entre las calles Brown y Rivadavia.

Se reconocieron 9 especies nativas de Argentina: *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá), *Thevetia peruviana* (adelfa amarilla), *Neltuma chilensis* (algarrobo), *Ceiba speciosa* (palo borracho), *Phytolacca dioica* (ombú), *Schinus areira* (aguacíbar), *Araucaria araucana* (pehuén), *Erythrina crista-galli* (ceibo) y *Parasenegalalia visco* (visco) que representan el 12,8%. El porcentaje restante (87,2%) eran 25 especies exóticas: *Brachychiton populneus* (braquiquito), *Fraxinus pennsylvanica* (fresno americano), *Acacia melanoxylon* (aromo australiano), *Acer negundo* (arce negundo), *Phoenix canariensis* (palmera canaria), *Platanus acerifolia* (plátano), *Callistemon citrinus* (limpiatubo), *Casuarina cunninghamiana* (casuarina), *Robinia pseudoacacia* (acacia blanca), *Robinia pseudoacacia* var. *Umbraculifera* (acacia bola), *Robinia pseudoacacia* 'Casque Rouge' (acacia rosada), *Prunus cerasifera* (ciruelo), *Lagerstroemia indica* (crespón), *Fraxinus excelsior* (fresno europeo), *Ginkgo biloba* (ginkgo), *Ligustrum lucidum* (ligusto común), *Ligustrum lucidum* cb. 'Aureovariegatum' (ligusto variegado), *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar), *Magnolia grandiflora* (magnolia), *Dypsis lutescens* (palma areca), *Melia azedarach* (paraíso), *Pinus elliottii* (pino elliotti), *Quercus palustris* (roble de los pantanos), *Grevillea robusta* (roble australiano) y *Thuja occidentalis* (tuya del Canadá). Un 60,9% de las especies de la plaza son caducas, 0,6% semicaducos y 38,5% son perennes.

En cuanto al estado físico y sanitario del arbolado (Figura 2) se identificaron 24 en mal estado, 35 en estado regular y 97 en buen estado. De la totalidad de las especies que se encuentran en mal estado (6), 2 son nativas y 4 exóticas. La mayor cantidad de ejemplares con problemas fitosanitarios y físicos fueron de las especies *Acacia melanoxylon*, *Robinia pseudoacacia* y *Parasenegalalia visco*. Estos individuos presentaban las raíces expuestas, cavidades en sus troncos y un elevado porcentaje de ramas secas en su copa.

Figura 2. Distribución del arbolado en la plaza Belgrano.
A. Especies registradas en la plaza. B. Estado físico y sanitario de los árboles



Referencias

A. Especies

- | | | | |
|---|--|-------------------------------|--|
| ● <i>Acacia melanoxylon</i> | ● <i>Ceiba speciosa</i> | ● <i>Magnolia grandiflora</i> | ● <i>Pinus elliottii</i> |
| ■ <i>Acer negundo</i> | ● <i>Dypsis lutescens</i> | ■ <i>Melia azedarach</i> | ■ <i>Platanus acerifolia</i> |
| ● <i>Araucaria araucana</i> | ● <i>Erythrina crista-galli</i> | ■ <i>Neltuma chilensis</i> | ● <i>Prunus cerasifera</i> |
| ● <i>Brachychiton populneus</i> | ● <i>Fraxinus excelsior</i> | ▲ <i>Parasenegalnia visco</i> | ■ <i>Quercus palustris</i> |
| ● <i>Callistemon citrinus</i> | ● <i>Fraxinus pennsylvanica</i> | ● <i>Phoenix canariensis</i> | ● <i>Robinia pseudoacacia</i> |
| ● <i>Casuarina cunninghamiana</i> | ● <i>Ginkgo biloba</i> | ● <i>Phytolacca dioica</i> | ● <i>Grevillea robusta</i> |
| ■ <i>Jacaranda mimosifolia</i> | ● <i>Lagerstroemia indica</i> | ● <i>Ligustrum lucidum</i> | ● <i>Liquidambar styraciflua</i> |
| ▲ <i>Thevetia peruviana</i> | ● <i>Thuja occidentalis</i> | ● <i>Schinus molle</i> | ● <i>Robinia pseudoacacia var. Umbraculifera</i> |
| ● <i>Ligustrum lucidum</i> var. "Aureovariegatum" | ● <i>Robinia pseudoacacia Casque Rouge</i> | | |

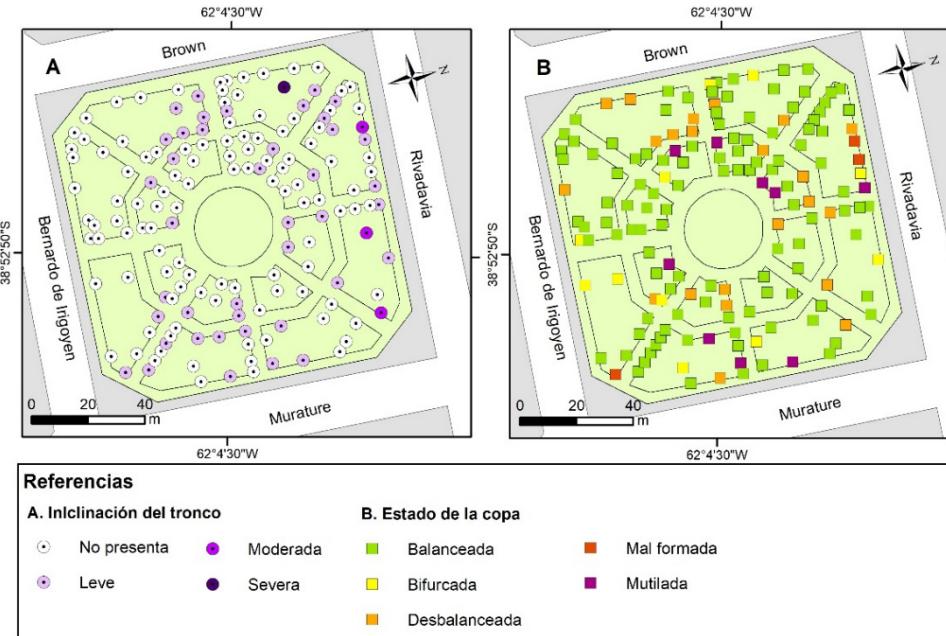
B. Estado físico y sanitario de los árboles

- Bueno ● Regular ● Malo

Fuente: elaboración propia.

Un 71,2% de los árboles (111) no poseían inclinación en su tronco, el 26,3% (41) presentaron una inclinación leve, 1,9% (3) tenían una inclinación moderada y el 0,6% (1) una inclinación severa. Las especies que tuvieron mayor cantidad de árboles con su tronco inclinado fueron *Grevillea robusta* (10), *Acacia melanoxylon* (7) y *Fraxinus pennsylvanica* (6). En relación con el estado de la copa de los árboles, el 71,2% presentó una copa balanceada, el 14,1% una copa desbalanceada, un 7% una copa bifurcada, un 5,8% copas mutiladas y un 1,9% copas mal formadas. De los ejemplares con copas mutiladas, un 66,6% eran de la especie *Robinia pseudoacacia* y, en el caso de los árboles con copa mal formadas, la mayoría eran *Parasenegalnia visco*. En la Figura 3 se muestra la presencia o ausencia de la inclinación del tronco y el estado de la copa de los árboles en la plaza.

Figura 3. Inclinación de tronco y estado de la copa de los árboles.

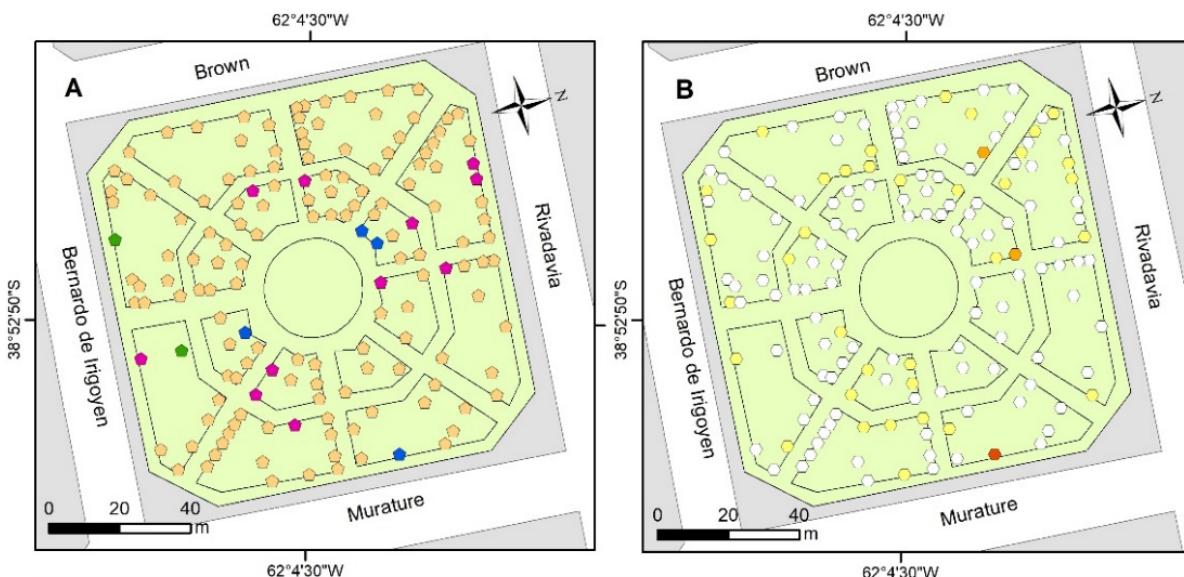


Fuente: elaboración propia.

Un 89,1% de los árboles no presentó rastros de poda y el 7% presentó poda cercana al descopado. Un 2,6% de las podas fueron por descope y el 1,3% de estas fueron realizadas en los ejes superiores de la copa. El caso más severo es cuando se realiza el desmoche o el descope, que se caracteriza por un corte total de las ramas dejando los muñones, con la finalidad de reducir el tamaño del árbol. Los casos presentados con descope fueron en su mayoría de *Robinia pseudoacacia*.

El porcentaje de ramas secas en la copa de los ejemplares fue en general bajo. Un 75% del total de los árboles no presentó ramas secas en su copa mientras que un 23,1% tuvo en un porcentaje inferior a 40%. El 1,3% mostró entre un 40 a 80% de las ramas secas en su copa y el 0,6%, más del 80% de ramas secas. Por otra parte, el 87,2% de los árboles no tenía las raíces expuestas, mientras que el 12,8% sí presentaron raíces expuestas. Bajo este último porcentaje son ejemplo principalmente *Acacia melanoxylon*, *Grevillea robusta*, *Parasenegalvia visco* y *Robinia pseudoacacia*. En la Figura 4 se muestra la presencia y ausencia de la poda y las ramas secas en la copa de los árboles.

Figura 4. Poda en los árboles y presencia de ramas secas (%).



Fuente: elaboración propia.

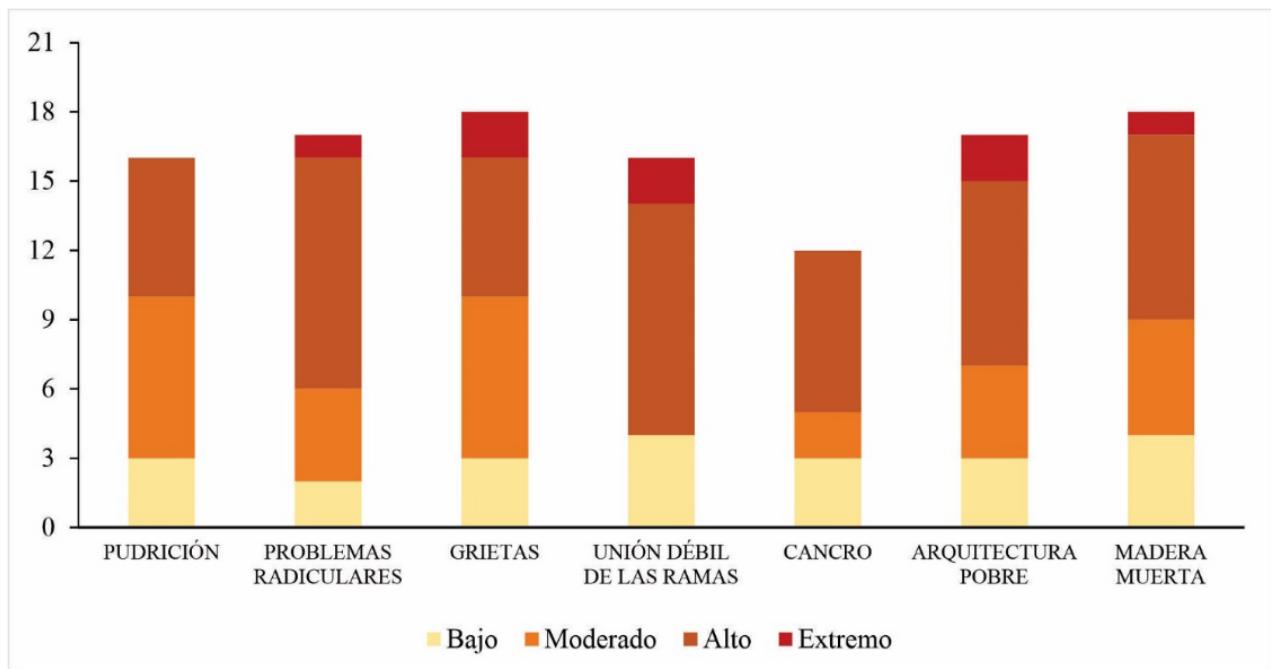
4.2. Valoración del riesgo del arbolado

4.2.1. Análisis de los defectos en los ejemplares arbóreos

La planilla de VB se aplicó en aquellos ejemplares que presentaron en la inspección general inconvenientes a ser analizados con mayor profundidad. Se seleccionaron 20 ejemplares de 6 especies: *Parasenegalalia visco*, *Robinia pseudoacacia*, *Acacia melanoxylon*, *Melia azedarach*, *Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera* y *Neltuma chilensis*. En cuanto a los defectos, se observó la presencia de pudrición, problemas radiculares, grietas, uniones débiles de las ramas, cáncro, arquitectura pobre y madera muerta. La aparición de estos defectos implica una mayor debilidad en los árboles y, por lo tanto, los predispone al fallo (Calaza Martínez e Iglesias Díaz, 2016). Se visualizó que el defecto más frecuente de los árboles fueron las grietas. Estas se generan debido a la incapacidad de la madera para soportar una carga excesiva y, en este caso particular, se pudo deber a las podas incorrectas y grietas verticales (Benito y Palermo Arce, 2021). En general, el grado de estas grietas en los ejemplares fue de riesgo moderado y alto.

Otro problema de elevada frecuencia en este arbolado fue la madera muerta en el tronco, que genera inconvenientes en la arquitectura del árbol. Varios de los árboles presentaban diferentes signos que daban cuenta de ello como, por ejemplo, oquedades. El riesgo fue alto en 8 árboles, en su mayoría en *Parasenegalalia visco*. Se destacan también uniones débiles de ramas de grado alto en 16 árboles del total analizados, principalmente de la especie *Acacia melanoxylon*. En cuanto a su severidad, pocos presentaron defectos que revistan grado extremo, sin embargo, el valor más elevado en esta categoría fue más frecuente en los problemas radiculares y unión débiles de las ramas. En la Figura 5 se muestra la frecuencia presentada en cada defecto detectado según la categoría de riesgo.

Figura 5. Grado de riesgo de los defectos de los árboles en la plaza Belgrano.

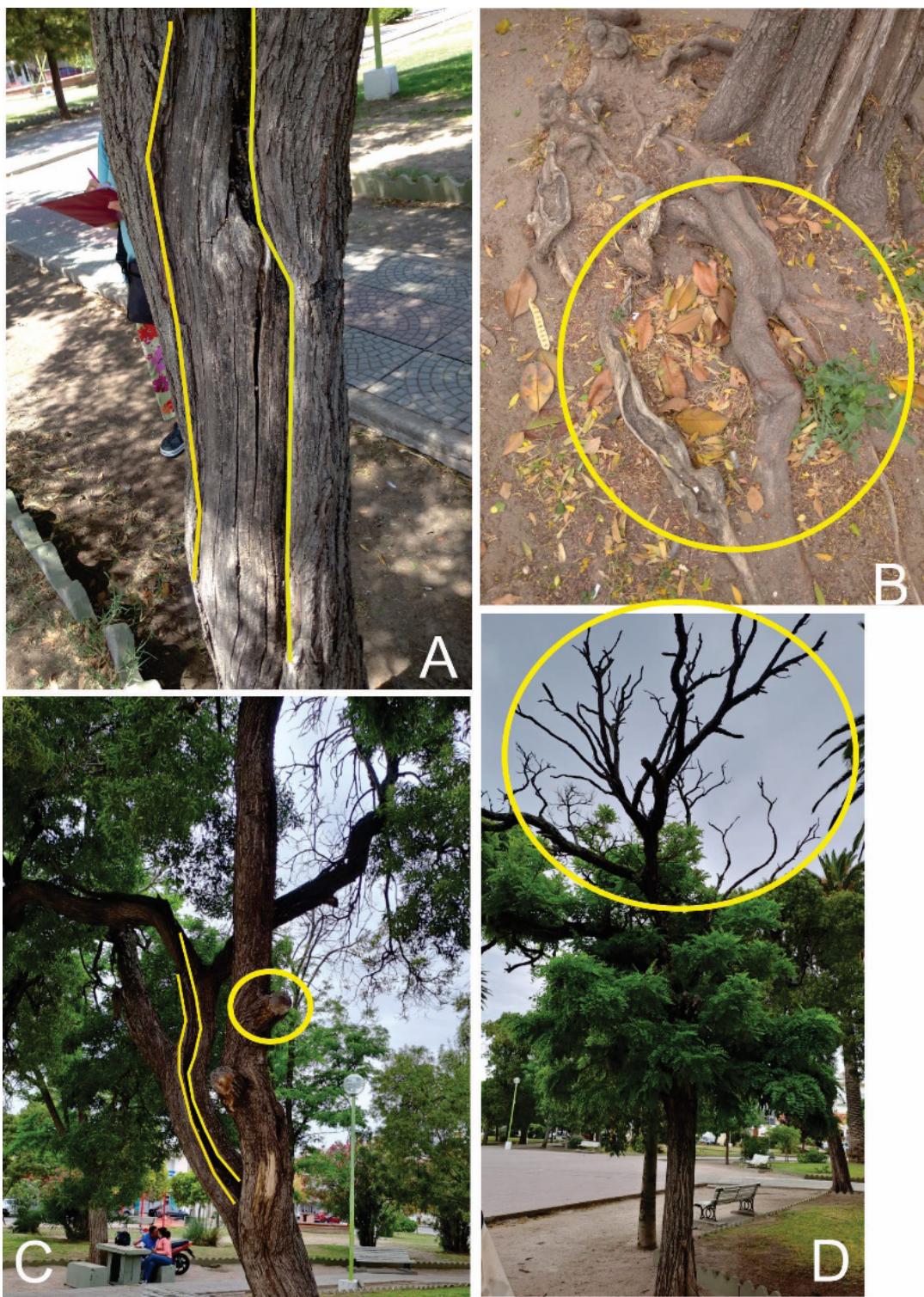


Fuente: elaboración propia.

Parasenegalalia visco presentó varios defectos de riesgo moderado y alto. Se destaca la arquitectura pobre de los ejemplares que, de una totalidad de 5 analizados, 2 fueron de riesgo alto y 3 de riesgo moderado. Esto implica que presentan debilidad o desequilibrio en las ramas, en el tronco, o en todo el árbol y que resulta en una alta probabilidad de fractura, por ejemplo, en episodios de tormentas (Benito y Palermo Arce, 2021). Se observó que estos defectos afectaron sus ramas estructurales, dando lugar a brotes epicórmicos que determinan uniones débiles entre ramas (Benito y Palermo Arce, 2021). Por otra parte, en el resto de los defectos, todos los ejemplares presentaron un grado de riesgo, siendo otros ejemplos de riesgo alto la madera muerta y los cáncros (Figura 6 A).

En los 3 ejemplares de *Robinia pseudoacacia* se presentaron los 7 defectos mencionados. Los de mayor importancia fueron los de arquitectura pobre y la madera muerta. A estos se les suma los problemas radiculares y las grietas. Las raíces estaban expuestas en la mayoría de los árboles. En este caso, la compactación del suelo podría estar generando esta situación. Se observaron además grietas verticales en varios ejemplares, que en algunos casos ocupaban más de los dos tercios del tronco, generando aún más probabilidad de fallo. Este árbol ha sido definido en varias ocasiones (Calaza e Iglesias, 2016) como una especie que posee una tasa de fallos elevada. Los principales problemas se deben a la madera en descomposición en el tronco y fallos en ramas por descomposición y/o uniones débiles (Calaza e Iglesias, 2016). Por otra parte, esta especie se ve severamente afectada por las podas, debilitando su arquitectura y generando cicatrices que se convierten en huecos, pudriciones, etc.

Figura 6. A. Madera muerta *Parasenegalalia visco*. B. Raíces expuestas *Acacia melanoxylon*. C. Cancro y raíces expuestas *Acacia melanoxylon*. D. Ramas secas *Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera*, en plaza Belgrano.



Fuente: elaboración propia.

Acacia melanoxylon es la especie que presentó mayor cantidad de defectos observados en los 7 ejemplares. En todos se detectó al menos un defecto, de distinto grado de riesgo. Se destacan los problemas radiculares (Figura 6 B), las grietas y las uniones débiles de ramas. El riesgo es alto en estos defectos en más del 50% de los ejemplares. La mayoría de los árboles presentaban raíces expuestas. Las grietas verticales mostraron un riesgo moderado a alto. Estas con el tiempo ejercen una fuerza de separación entre la madera que comienza a descomponerse (Figura 6 C). Por otra parte, el ejemplar de *Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera* presentó inconvenientes en su arquitectura ya que su tronco se encontraba inclinado y tenía un alto porcentaje de ramas secas (Figura 6 D). En general, en los árboles de género *Robinia* se ha registrado rotura de ramas, en este caso un alto porcentaje de las ramas estructurales y secundarias estaban secas.

4.2.2. Probabilidad de falla y consecuencias de los árboles

En cuanto a la probabilidad de falla, *Robinia pseudoacacia* presentó mayores dificultades en las ramas estructurales al igual que *Acacia melanoxylon*. En *Parasenegalalia visco* y *Neltuma chilensis*, la parte con mayor probabilidad de consecuencia fue el tronco por los defectos observados en esta parte en ambas especies. A su vez, *Acacia melanoxylon* también presentó inconvenientes en el tronco y raíces.

Figura 7. A. Juegos infantiles cercanos a *Acacia melanoxylon*, que presenta una grieta vertical en el tronco. B. Visitante de la plaza debajo de *Acacia melanoxylon* con raíces expuestas e inclinación. C. Moto y personas debajo de *Neltuma chilensis* con elevado ángulo de inclinación.



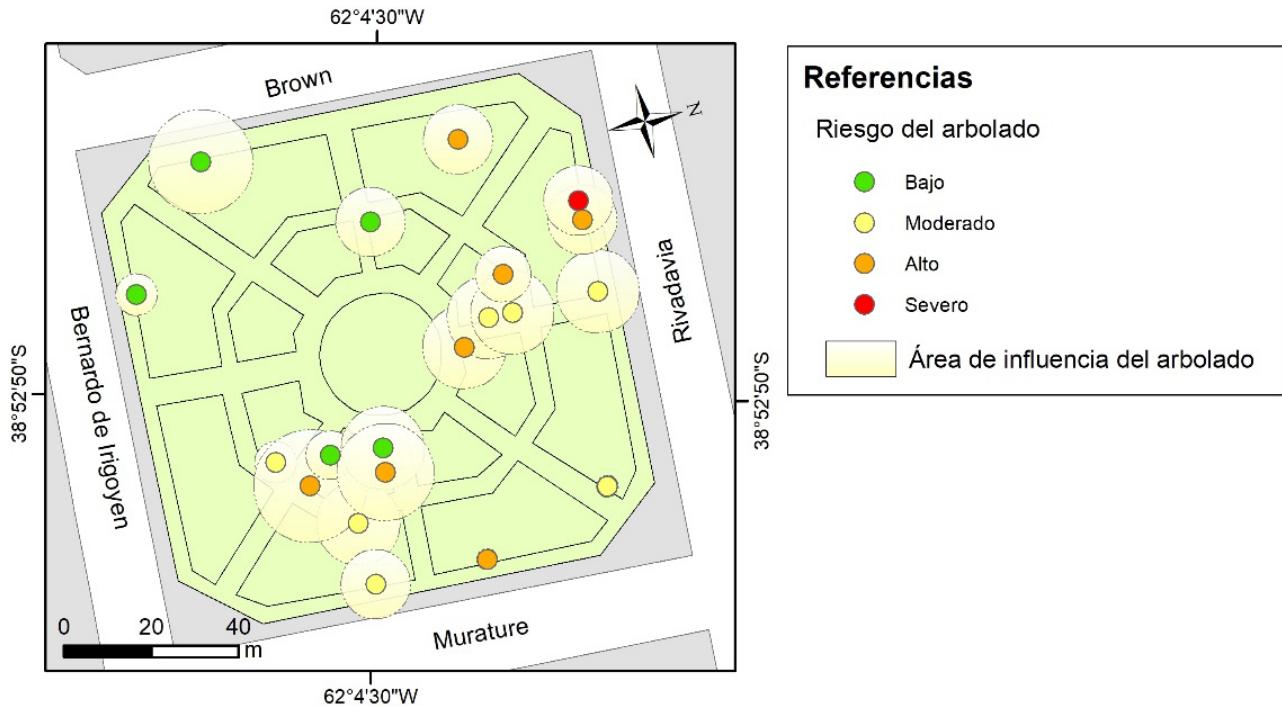
Fuente: elaboración propia.

En relación con las consecuencias de los árboles, se identificaron una diversidad de dianas o blancos. Estos son mayores en un medio urbano que en un entorno natural. Los blancos de los árboles son los transeúntes y ciclistas que la atraviesan. Por otra parte, se observó la presencia de equipamiento como caminos internos, bancos, mesas, luminaria y juegos infantiles (sobre calles Marature y Brown) para la población (Figuras 7 A y 7 B). Además, existen estructuras permanentes para los artesanos sobre la calle Bernardo de Irigoyen y una parada de autobús sobre la calle Rivadavia. La tasa de ocupación en toda la plaza es de uso frecuente, por ejemplo, en sectores de juegos, mesas y bancos. En este caso, los peatones utilizan la plaza como forma de paso en horarios pico y, por lo tanto, los caminos internos son concurridos (Figura 7 C). También existe, en algunos sectores, un uso constante y de larga ocupación. Cabe destacar que la plaza se encuentra en la zona céntrica y, por lo tanto, en los alrededores hay comercios e instituciones de asistencia frecuente. Se observó que la mayoría del equipamiento no es factible de ser reubicado, por falta de espacio o por cuestiones económicas. Así como tampoco se puede restringir el área circundante al árbol. Con este análisis sobre las dianas resulta, en casi todos los árboles analizados, que la consecuencia es severa, ya que los daños estructurales en el equipamiento de la plaza serían moderados y los peatones podrían tener una lesión incapacitante en el caso de que el árbol o parte de este falle e impacte contra los blancos identificados.

4.2.3. Valor de riesgo de las especies

Como resultado del análisis de riesgo de los árboles seleccionados se determinó que 5 presentaron un riesgo bajo con valores de 7 y 8 en su evaluación. En la categoría de riesgo moderado se detectaron 7 árboles con valores de 9, en la de riesgo alto 7 individuos, con un valor de 10 y 11. Se registró 1 árbol con riesgo severo. Es decir, el 5,1% de los árboles de esta plaza son potencialmente peligrosos. Por otra parte, la espacialización de los resultados posibilita reconocer los sitios de la plaza con árboles peligrosos, sobre las calles Rivadavia y, en menor medida, Marature (Figura 8).

Figura 8. Valoración del riesgo de los árboles seleccionados en plaza Belgrano.



Referencias

Riesgo del arbolado

- Bajo
- Moderado
- Alto
- Severo

■ Área de influencia del arbolado

Fuente: elaboración propia.

Los ejemplares de *Robinia pseudoacacia* tuvieron una valoración del riesgo bajo a moderado. *Robinia pseudoacacia var. umbraculifera* se identificó uno con riesgo bajo y otro ejemplar de riesgo alto. *Parasenegalalia visco* y *Melia azedarach* tuvieron una valoración de riesgo moderada. *Acacia melanoxylon* y *Parasenegalalia visco* fueron las especies con mayor representatividad en el riesgo alto con 4 y 2 árboles respectivamente. Además, esta última especie también registró 5 ejemplares con riesgo moderado. Por otra parte, *Neltuma chilensis* (Figura 7 A) obtuvo un valor de riesgo alto. En general, se puede afirmar que las especies *Acacia melanoxylon* y *Parasenegalalia visco* son las que exhibieron mayor riesgo en la plaza. Para las categorías de riesgo alto y severo sería recomendable una evaluación con mayor profundidad, incorporando instrumental que permita detectar los problemas en el interior del ejemplar.

5. Conclusiones

El conocimiento sobre las características e historia de los árboles en espacios verdes públicos es clave para comprender los defectos que presentan. Por otro lado, el mantenimiento periódico de su estado físico y sanitario también contribuye a que sean ejemplares sanos. Estos dos componentes son centrales para reducir el riesgo producido a los usuarios, a los elementos materiales y/o servicios que se sustentan allí. La gestión del arbolado en estos espacios debería incluir un seguimiento de los árboles a partir de la aplicación de metodologías vinculadas a la valoración del riesgo. Esto permite establecer recomendaciones sobre diferentes acciones con el objetivo de reducir sus efectos, así como para la planificación de futuros espacios verdes, en cuanto por ejemplo a la selección de especies.

En el caso de estudio, se relevaron en la plaza Belgrano 156 árboles pertenecientes a 35 especies. Se seleccionaron y evaluaron 20 árboles que poseían un estado físico y sanitario malo, pudiendo detectar las especies que presentaron los mayores inconvenientes en la plaza. *Acacia melanoxylon* y *Parasenegalalia visco* fueron las que tuvieron la mayor representatividad bajo la categoría de riesgo alto. La aplicación de la Evaluación Visual Básica permitió analizar el posible riesgo de los árboles de esta plaza, con un instrumental poco costoso y obteniendo información valiosa para su gestión. Esta ventaja hace que pueda replicarse en distintos sectores de la ciudad y que se obtenga un diagnóstico más certero sobre la existencia de árboles peligrosos, aun sin conocer con certeza lo que sucede en el interior del árbol (Reyes de la Barra et al., 2018; Klein et al., 2019). Además, ese avance permite comprender la importancia sobre la adecuada selección de especies y la necesidad de un mantenimiento periódico, que a medio y largo plazo reducen los costos económicos para los municipios, encargados del cuidado y mantenimiento del arbolado en los espacios verdes públicos, tal como lo expresen Castro et al. (2019). La cartografía de valoración cualitativa del riesgo de árboles urbanos es una herramienta clave en áreas públicas muy frecuentadas como es en el caso de esta plaza.

Contribución de la autoría

Valeria Soledad Duval ha contribuido en la conceptualización, el análisis formal de los datos, la metodología, la redacción del artículo y la visualización de los datos. Graciela María Benedetti realizó la conceptualización

y colaboró con la metodología y redacción del artículo, así como de la supervisión de la investigación. Ana Laura Ramos Lopetegui ha colaborado en la metodología y validación de los resultados.

Agradecimientos y declaración de intereses

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación “Geografía física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas témporo-espaciales” (24/G067). Este es dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y co-dirigido por la Dra. Verónica Gil y se encuentra subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur. Queremos además expresar nuestra gratitud al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y al Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), instituciones en las cuales se encuadra este estudio.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, L.F., Benavides, J.G., Valenzuela, X.G., Molina, E.M. y Guerrero, M.J. (2023). Diagnóstico del arbolado urbano en la Ciudad de Ibarra, como base para una gestión de arbolado más humano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(2), 5613-5632 <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5743>
- Arana, M., Natale, E., Ferretti, N., Romano, G., Oggero, A., Martínez, G., Posadas, P. y Morrone, J.J. (2021). *Esquema biogeográfico de la República Argentina*. Fundación Miguel Lillo. <https://www.lillo.org.ar/editorial/index.php/publicaciones/catalog/book/253>
- Aristizabal Mejía, A. (2017). *Evaluación del arbolado urbano en espacio público del Municipio de Cartago, Valle del Cauca como estrategia para la identificación de riesgos y conflictos territoriales* [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]. <http://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4049>
- Benito, G. y Palermo Arce, M. (2021). *El árbol en la ciudad. Manual de arboricultura urbana*. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. <https://efa.agro.uba.ar/producto/el-arbol-en-la-ciudad-manual-de-arboricultura-urbana/>
- Boudet, J. (2024). *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* [Tesis de grado, Universidad Nacional de La Pampa]. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/9198>
- Calaza Martínez, P. e Iglesias Díaz, M. (2016). *El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Cariñanos, P., Calaza, P., Hiemstra, J., Pearlmuter, D. y Vilhar, U. (2018). El papel de los bosques urbanos y periurbanos para reducir riesgos y gestionar desastres. *Unasylva*, 69, 53-65. <https://produccioncientifica.ugr.es/documentos/618f58ed9ff8c939aacc53cb?lang=en>
- Coelho Duarte, A. P. (2021). *Evaluación del riesgo de los árboles urbanos: propuesta de un protocolo para Montevideo, Uruguay* [Tesis de posgrado, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32601>
- Díaz-Galiano Moya, L. y Ruiz Rolle, A. (2019). Riesgo aparente en arbolado urbano. De la subjetividad a la realidad. Ediciones Algorfa.
- De la Vega Centurión, F. (2017). *Descripción y análisis de la metodología de evaluación visual de árboles urbanos-VTA (Visual Tree Assessment)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3441>
- Durán, D. (Comp.). (2020). Punta Alta y Coronel Rosales: geografías para construir el territorio desde la perspectiva local. CEG.
- Geraldi, A. M. y Melo, W. (2024). Estudio de los ambientes costeros en Villa del Mar, Estuario de Bahía Blanca, Argentina. *Párrafos Geográficos*, 1(23), 68-87. <https://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/parrafosgeograficos/article/view/1059>
- Ivasko J., Biondi, D., Ximenes, E., Nunho, A. y Heck, B. (2019). Risk assessment of trees protected by law in Curitiba squares, Paraná Brazil. *Bosque*, 40(3), 347-354. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300347>
- INDEC. (12 de julio de 2024). Ya se encuentran disponibles los resultados del Censo 2022 por gobiernos locales. Censo 2022 República Argentina. <https://censo.gob.ar/index.php/ya-se-encuentran-disponibles-los-resultados-del-censo-2022-por-gobiernos-locales/>
- Johnson, D. (1981). *Tree hazards: recognition and reduction in recreation sites*. USDA Forest Service.
- Klein, R., Koeser, A., Hauer, R., Hansen, G. y Escobedo, F. (2019). Risk Assessment and Risk Perception of Trees: A Review of Literature Relating to Arboriculture and Urban Forestry. *Arboriculture & Urban Forestry*, 45(1), 26-38. <https://doi.org/10.48044/jauf.2019.003>
- Lucia, A. (2019). Manejo de enfermedades en el contexto urbano. En A. Aprea, y M. Murace (Eds.), *Problemáticas sanitarias del arbolado: Enfermedades presentes en La Plata* (120-130). Universidad de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/1232/1216/3991-1>
- Martínez, C.F. y Coelho Duarte, P. (2023). Hazard indicators in urban trees. Case studies on *Platanus x hispanica* Mill. ex Münchh and *Morus alba* L. in Mendoza city-Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de UNCuyo*, 55(2), 152-165. <https://doi.org/10.48162/rev.39.117>
- Matheny, N. y Clark, J. (1994). *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas*. International Society of Arboriculture.
- Pérez Miranda, R., Santillán Fernández, A., Narváez Álvarez, F., Galeote Leyva, B. y Vásquez Bautista, N. (2018). Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano

- Carranza, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 208-228. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.143>
- Pokorny, J. (2003). *Urban tree risk management: A community guide to program design and implementation*. USDA Forest Service. http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/uf/utrmrmm/urban_tree_risk_mgmnt.pdf
- Ramos, M. B. (2014). *Biometeorología humana en la ciudad de Punta Alta* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur]. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2355>
- Reyes de la Barra, J., Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, Ó., 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. <https://doi.org/10.14483/2256201x.12604>
- Rodríguez Bormioli, N., Di Franco, L., Cucciupo, E. y Craig, E. (2017). Generación de Cartografía Temática del Arbolado Urbano mediante el uso de SIG. *Cardinalis*, 8,117-142. <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/carddi/index>
- Rossini, M. y Mazzola, M. (2022). Evaluación del arbolado urbano de alineación en la zona céntrica de Santa Rosa, La Pampa. *Semiárida*, 32(2), 23-35. <https://doi.org/10.19137/semiarida>
- Rubatino Santizo, L. (2017). *Diagnóstico para el manejo del arbolado urbano de las principales calles y avenidas del Corregimiento de Bella Vista, Municipio de Panamá* [Tesis Doctoral, Universidad de Panamá]. http://up-rid.up.ac.pa/4715/1/lourdes_rubatino.pdf
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. (2017). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i6210s>