



Caracterización de árboles de riesgo en el Parque Nacional Viveros de Coyoacán, Ciudad de México

Risk trees in *Viveros de Coyoacán* National Park, Mexico City

Liliana Muñoz Gutiérrez^{1*}, Ramiro Pérez Miranda¹, José Francisco Reséndiz Martínez¹, Rodolfo Reyes Robles²

Fecha de recepción/Reception date: 25 de octubre de 2021
Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de junio de 2022

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México.

²Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense. Ingeniería en Manejo Sustentable de Recursos Naturales. México

*Autor para correspondencia; correo-e: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

*Corresponding author; e-mail: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Resumen

El arbolado puede representar un riesgo alto tanto para la población humana, como para la infraestructura por su edad, mal desarrollo, deficiente estructura aérea y radical, como por afectaciones de plagas y enfermedades que ocasionan accidentes de leves, hasta fatales. El objetivo fue evaluar el riesgo hacia los usuarios por el arbolado del Parque Nacional Viveros de Coyoacán, Ciudad de México. Se emplearon diferentes indicadores para determinar la condición del sitio, caracterización dasométrica, condición y vitalidad del arbolado, clasificándolos como: 1) riesgo extremo, 2) alto riesgo, 3) riesgo moderado, y 4) bajo riesgo. Se identificaron 21 especies con 299 individuos, de las cuales solo tres taxones constituyen 53 % del total. En cuanto a las etapas de desarrollo: 84.6 % corresponde a juveniles y 15.4 % a maduros. Respecto al *DN*, 30 % presentan menos de 20 cm y una altura inferior a 15 m, en tanto que 51 % tienen alturas superiores a 18 m. De los individuos, 12 % interfieren en la red eléctrica, 37 % con señalamientos y 9 % obstruye los andadores. Respecto a los troncos, 70 % presentan daños mecánicos, 50 % tienen uniones débiles en las ramas y 60 % tienen úlceras o canchales. Por la condición evaluada, 32 % evidencian riesgo extremo y 12 % riesgo alto. Se recomienda realizar podas de saneamiento y descompactación del suelo. Los criterios e indicadores empleados permiten caracterizar e identificar las condiciones actuales del arbolado del Parque.

Palabras clave: Áreas verdes urbanas, dasonomía urbana, evaluación, indicadores de condición, nivel de riesgo, vegetación urbana.

Abstract

Trees in cities may be a high risk for the human population and its infrastructure, due to their age, poor development, deficient aerial and root physical structure, and from plagues and diseases that can cause slight to fatal accidents. The objective of this study was to evaluate the risk that trees in *the Viveros de Coyoacán* National Park at Mexico City mean for visitors. Different indicators were used to determine the condition of the site, mensuration characterization, condition and vigor of the trees, classifying them as: 1) extreme risk, 2) high risk, 3) moderate risk and 4) low risk. Twenty-one species were identified with 299 individuals, of which only

three species make up 53 % of the total number. In terms of developmental stages, 84.6 % are young trees and 15.4 % adults. 30 % have a *DN* <20 cm and a height under 15 m, while 51 % are taller than 18 m. 12 % interfere with the electrical network, 37 % with signals and 9 % obstruct the walking paths. 70 % of the trunks show mechanical damages, 50 % have weak unions in the branches and 60 % ulcers or cankers. From their hazard, 32 % are of extreme risk and 12 % of high risk. It is recommended to carry out sanitation pruning and soil decompaction. The criteria and indicators used allow a precise diagnosis of the current state of the trees in the park.

Key words: Urban green areas, urban forestry, evaluation, state indicators, risk level, urban vegetation.

Introducción

La sociedad requiere de superficie de bosques urbanos y áreas verdes que le permitan desempeñar y desarrollar actividades sociales, educativas, culturales y cívicas (Ruiz-Montiel *et al.*, 2014); en particular, los árboles urbanos ofrecen numerosos beneficios, entre ellos: mejoran la calidad del ambiente, la calidad del aire y del agua, producen sensación de bienestar, propician temperaturas más bajas y reducen la radiación ultravioleta (Nowak *et al.*, 2006). Sin embargo, se enfrentan a condiciones de estrés ocasionadas por la acción del hombre, particularmente, en áreas donde el paso de peatones y vehículos es frecuente. Por esta razón, es importante evaluar las condiciones del arbolado y valorar que se encuentre en óptimas condiciones y se minimice su riesgo para las personas (Vogt *et al.*, 2015), así como los daños a la infraestructura (Koeser *et al.*, 2016).

Un árbol de riesgo se caracteriza con base en su inestabilidad debida a un defecto en su estructura, es decir, cualquier parte del ejemplar: tronco, ramas o copa puede colapsar y caer sobre una persona o infraestructura causando lesiones o daños (National Tree Safety Group, 2011). Por lo anterior, la evaluación del arbolado urbano tiene por objetivo identificar y calificar dicha condición estructural, con el fin de determinar su riesgo potencial y probabilidad de ocasionar un daño (Matheny y Clark, 2009).

El desafío está en desarrollar un adecuado manejo del arbolado para asegurar un nivel de riesgo bajo (Tomao *et al.*, 2015). Un espécimen longevo sin mantenimiento

tiene mayor probabilidad de provocar un daño (Albers *et al.*, 2003); ante ello, es importante identificar los individuos que representan un riesgo a consecuencia de su deterioro por estrés hídrico o térmico, contaminación atmosférica, urbanización, ataque de plagas o enfermedades (Restrepo *et al.*, 2015), o también como producto de un mal manejo (Hauer y Johnson, 2003). Las fallas de un árbol se evalúan mediante una inspección visual para identificar y comprender los indicadores de peligrosidad potencial (Calaza e Iglesias, 2016).

Se identifican siete categorías de características potenciales de daño: madera descompuesta, grietas, problemas en las raíces, uniones débiles de ramas, canchales, arquitectura, ramas y copa o individuos muertos (Pokorny y Albers, 2003).

En la alcaldía Coyoacán, se encuentra el Parque Nacional Viveros de Coyoacán, que representa uno de los parques con mayor flujo de personas, quienes utilizan el espacio para realizar actividades deportivas (atletismo), esparcimiento familiar, recreativas, de enseñanza escolar y académicas, entre otras; se estima que acuden entre 2 500 a 3 000 personas diarias (Semarnat, 2018). No existe información publicada formalmente sobre la condición del arbolado y actividades de manejo; por lo anterior y dada la importancia del Parque, el objetivo del presente estudio fue identificar y evaluar los árboles de riesgo en el Parque Nacional Viveros de Coyoacán, de la Ciudad de México.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Parque Viveros de Coyoacán se localiza en la alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, entre las coordenadas 19°21'14" latitud norte y 99°10'19" longitud oeste, a una altitud de 2 240 m (Gobierno de la CDMX, 2016). A principios del siglo pasado, en Coyoacán, Distrito Federal, México, el Ing. Miguel Ángel de Quevedo instaló un vivero forestal particular, con una superficie de una hectárea. En 1907, con el apoyo del gobierno mexicano, se convirtió en el primer vivero forestal del país. Más tarde, en 1938, se declaró "Parque Nacional El Histórico Coyoacán" que incluyó al vivero, con un área de 584 ha (Departamento Forestal y de Caza, 1938), y a mediados de la década de los 70, el "Vivero Central de Coyoacán", con un tamaño de 42 ha, se declaró de dominio público federal. Actualmente, es administrado por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y tiene una capacidad de producción de planta (forestales y frutales) de poco más de dos millones (Gobierno de la CDMX, 2016).

Diseño de muestreo

Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio de 14 sitios circulares que representan el centro de las unidades de muestreo, los cuales fueron de 500 m² (12.62 m de radio). La intensidad de muestreo fue de 2 % aceptada para áreas urbanas (Schreuder *et al.*, 2004) (Figura 1). Dichas unidades se localizaron en las zonas de trabajo mediante un geoposicionador *Garmin*, modelo *Global Positioning System* (GPS) 12XL, con un error menor a 10 m; las dimensiones de cada sitio se delimitaron con ayuda de un longímetro y rafia. Se evaluó la totalidad del arbolado dentro de cada sitio de muestreo.

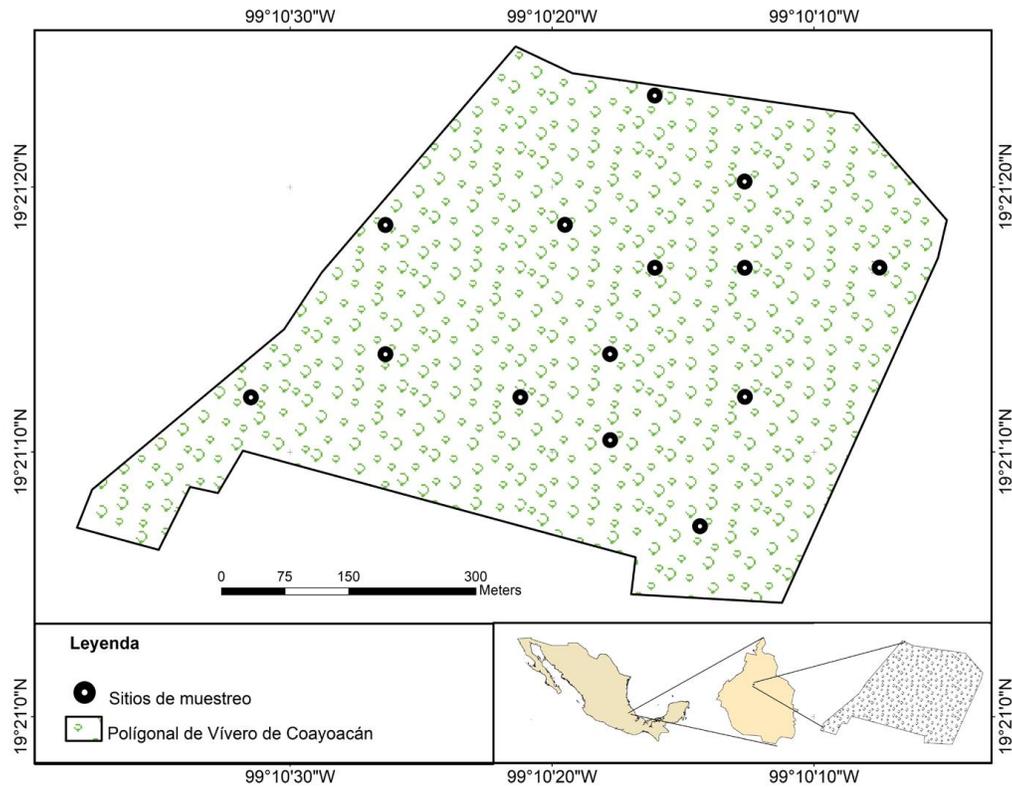


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo y poligonal del Parque Viveros de Coyoacán, Ciudad de México.

Definición de criterios e indicadores

Para la definición de los criterios, se ajustaron las metodologías empleadas por Coelho-Duarte *et al.* (2021a, 2021b) mediante evaluaciones visuales básicas, y en algunos casos, evaluaciones visuales detalladas adaptadas de Pokorny y Albers

(2003); para ello, se determinaron tres grupos: 1) condición del sitio, 2) caracterización dasométrica, y 3) condición y vitalidad del arbolado.

Los indicadores de la condición del sitio utilizados fueron: 1) ubicación del árbol: construcción, estacionamiento, pasillo, jardines o banquetas, 2) características visuales del suelo: drenaje o compactación, y 3) obstrucciones presentes: señalamientos, líneas de energía y andadores.

Los indicadores dasométricos fueron: 1) nombre común, 2) nombre científico, 3) altura total (m), 4) altura de fuste limpio (m), 5) diámetro normal (*DN*, m) y 6) cobertura de copa (*Cob*, m). Los instrumentos empleados para las mediciones fueron: para las alturas Pistola HagaTM, y cinta métrica para el *DN* y la *Cob*, esta última se midió en dos dimensiones perpendiculares (norte-sur y este-oeste), y fue estimada a partir del promedio de las medidas registradas. Para obtener el diámetro de copa (*Prom C*), se empleó la siguiente fórmula:

$$Cob(m^2) = \pi \left(\frac{Prom C}{2} \right)^2$$

Donde

Cob = Cobertura de copa

π = 3.1616

Prom C = Diámetro de copa

En relación con la condición y vitalidad se consideraron: etapa de desarrollo (juvenil o viejo), estado del tronco (rajaduras, pudrición, cavidades), condición de la raíz (podridas o expuestas) y fitosanitaria (presencia de plagas, enfermedades o plantas parásitas). Se diseñaron formatos de valoración técnica de arbolado urbano para

recabar información en campo, y los datos se analizaron empleando hojas de cálculo en *Microsoft Excel*.

Defectos y categorías de riesgo del arbolado urbano

Los criterios empleados se definieron de acuerdo con Pokorny y Albers (2003) y Albers *et al.* (2003). En el Cuadro 1 se anotan las cuatro categorías de riesgo: 1) riesgo extremo (rojo), 2) riesgo alto (naranja), 3) riesgo moderado (amarillo) y 4) riesgo bajo (verde).

Cuadro 1. Categorías, código de riesgo y defectos del arbolado para su identificación y clasificación.

Categoría de riesgo	Código	Defectos del arbolado
Riesgo extremo	Rojo	El árbol presenta signos de falla en la raíz, tronco o ramas y posiblemente se está inclinando. Tiene un potencial inminente de caída.
Alto riesgo	Naranja	Arbolado con problemas de raíz, arquitectura pobre del árbol (tronco y ramas). El potencial de falla es altamente probable.
Riesgo moderado	Amarillo	El potencial de falla, principalmente, de ramas es probable, por la presencia de grietas o fisuras, canchales y madera muerta en diferentes partes del árbol.

Bajo riesgo	Verde	Es posible la falla de alguna parte del árbol producto de uniones frágiles de ramas.
-------------	-------	--

Resultados y Discusión

Se contabilizaron un total de 299 árboles de 21 especies diferentes, de las cuales *Cupressus lusitanica* Mill., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Ligelsch y *Liquidambar styraciflua* L., representaron 53 % del total (Cuadro 2). La etapa de desarrollo más abundante correspondió a los individuos juveniles (84.6 %), mientras 15.4 % fueron maduros. Estos últimos, en su mayoría correspondieron a *Alnus acuminata* Kunth, *Casuarina cunninghamiana* Miq., *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus* Labill., *Fraxinus uhdei*, *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltld., *P. greggii* Engelm. ex Parl., *P. oocarpa* Schiede ex Schltld. y *Ulmus parvifolia* Jacq. Lo anterior indica que existe diversidad de especies, pero dominan solo unas cuantas, y generalmente son exóticas, entre ellas: *Ficus* sp., *Casuarina* sp., *Ligustrum* sp., *Cupressus* sp. y *Eucalyptus* sp., géneros que predominan en el parque Viveros de Coyoacán, y también prevalecen en otras áreas verdes de la Ciudad de México, con un riesgo latente por plagas y enfermedades (Román-Guillén *et al.*, 2019, Saavedra-Romero *et al.*, 2019b).

Cuadro 2. Número total y porcentaje de especies en 14 sitios de muestreo en el Parque Viveros de Coyoacán, Ciudad de México.

Nombre científico	Nombre común	Individuos (número)	Porcentaje (%)	Número de árboles calificados con riesgo [†]
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aile	4	1.3	4

<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	Pino australiano	13	4.3	6
<i>Celtis occidentalis</i> L.	Palo blanco	2	0.7	0
<i>Crataegus mexicana</i> DC	Tejocote	1	0.3	0
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cedro blanco	62	20.7	33
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Eucalipto	3	1.0	3
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto azul	4	1.3	2
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Fresno	48	16.1	14
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Trueno	10	3.3	7
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidámbar	48	16.1	13
<i>Morus celtidifolia</i> Kunth	Mora	3	1.0	1
<i>Phoenix canariensis</i> Neubert	Palma abanico	8	2.7	0
<i>Phytolacca dioica</i> L.	Fitolaca	1	0.3	1
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltldl.	Pino blanco	5	1.7	2
<i>Pinus engelmannii</i> Carrière	Pino real	8	2.7	4
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	Pino prieto	6	2.0	4
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex	Pino ocote	25	8.4	17

Schltl.				
<i>Pinus patula</i> Schltl. & Cham.	Pino colorado	3	1.0	2
<i>Populus alba</i> L.	Chopo	1	0.3	0
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Olmo chino	35	11.7	18
<i>Yucca elephantipes</i> Regel ex Trel.	Yuca	9	3.0	0
Total	21	299	100	131

† Árboles de riesgo clasificados con categorías y código de riesgo extremo (rojo) y alto riesgo (naranja).

Con relación a los resultados anteriores, cuatro especies constituyen 64.1 % de todos los individuos inventariados. Esta cifra es muy próxima a lo obtenido por Velasco-Bautista *et al.* (2013) en el parque urbano Bosque de San Juan de Aragón, en la Ciudad de México, en donde siete especies representan 74 % del arbolado total; y de manera similar, Saavedra-Romero *et al.* (2019a) registran cinco taxones con mayor frecuencia (76.2 %) de plantación en el mismo parque. Asimismo, Castillo-Islas *et al.* (2008), en el campus de la Universidad Autónoma Chapingo, citan que 74 % del total de la población pertenecen a cuatro especies. Pérez *et al.* (2018), en el campus del Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza, documentan 143 individuos, y solo 12 taxa.

En el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc (PCyRT), se contabilizaron 3 758 árboles, que pertenecen a 30 especies agrupadas en 16 familias; las más abundantes y de mayor cobertura fueron *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Populus tremuloides* Michx., *Pinus radiata* var. *binata* (Engelm.) Lemmon, *Fraxinus uhdei*, *Schinus molle* L. y *Cupressus lusitanica* (Reséndiz *et al.*, 2015). La tendencia general es que en los parques urbanos de la Ciudad de México hay plantados un

gran número de árboles de cinco o seis géneros, entre ellos: *Casuarina* sp., *Eucalyptus* sp., *Fraxinus* sp., *Cupressus* sp., *Ligustrum* sp. y *Grevillea* sp. Al respecto, Santamour (1990) recomienda que ninguna especie debe predominar por arriba de 10 %, no más de 20 % de un género y 30 % de una familia.

En el área de estudio, se estimó que 30 % de los árboles tienen $DN < 20$ cm y una altura menor a 15 m; 51 % alcanzan alturas superiores a 18 m, mientras que 26 % tienen diámetros > 30 cm. La altura promedio de fuste limpio fue de 5.80 m, que corresponde a la altura en la que se ubica el cableado eléctrico, y por debajo de esta se ubican los señalamientos dentro del parque. La cobertura de copas evidenció que son desbalanceadas o incompletas, debido principalmente a la alta densidad arbórea en todo el parque y a la falta de mantenimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos generales de las variables dasométricas del arbolado en el Parque Viveros de Coyoacán, Ciudad de México.

Variable	Suma	Media	Varianza	Desviación estándar	Mediana	Moda	Máx	Mín
A (m)	5 567	18.6	61.5	7.8	18.0	14.0	39.0	3.0
AFL (m)	1 743	5.8	17.1	4.1	5.0	3.0	24.0	0.0
DN (cm)	7 146	23.9	345.4	18.6	19.0	15.0	155.0	4.0
Cob (m ²)	8 509	8.5	938.6	30.6	17.7	11.0	212.0	0.0

A = Altura; AFL = Altura de fuste limpio; DN = Diámetro normal; Cob = Cobertura de copa; Max = Máxima, Min = Mínima.

Con base en el número de árboles, la cantidad de especies representadas y las etapas de desarrollo, la mayoría juveniles, se puede enunciar que de acuerdo con Baró *et al.* (2014), es un área verde que provee de servicios ecosistémicos de

calidad como son la remoción de contaminantes atmosféricos, capacidad de secuestro y almacenamiento de carbono, infiltración de agua y reducción de ruido, entre otros.

En cuanto a la ubicación del arbolado, predominó al interior de los jardines, los cuales tienen una alta densidad y competencia por nutrientes; hay árboles establecidos por toda el área de libre tránsito para los visitantes; por lo anterior, los suelos tienen un alto grado de compactación. Al respecto, Martins *et al.* (2018) indican que en suelos compactados, el principal factor considerado es la pérdida de aireación por la disminución de espacios porosos y materia orgánica, por ello, las raíces no tienen un buen desarrollo, y en consecuencia, el crecimiento es débil. Hernández *et al.* (2011) señalan que la compactación del suelo es la principal causa de muerte en árboles urbanos, ya que sus raíces necesitan suelos permeables o cubiertos por pastos para promover mayor infiltración y el desarrollo de raíces secundarias.

Se observó la presencia de algunos insectos en *Eucalyptus camaldulensis* y hongos en *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus*, *Pinus ayacahuite* y *Ulmus parvifolia*. Cabe señalar que son pocos los estudios realizados sobre plagas y enfermedades en arbolado urbano de la Ciudad de México; Reséndiz *et al.* (2015) identificaron en el PCyRT varias especies con daños en el follaje por diferentes hongos, en particular *Fusarium sp.*, que se identifica por manchados cloróticos. De manera similar, en la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec, se determinó que la condición del arbolado, en general, es mala debido a la presencia de insectos fitófagos que dañan la estructura vegetativa del mismo (Cervantes *et al.*, 2019).

En particular, en los árboles del Parque Viveros de Coyoacán se observó baja afectación a la infraestructura urbana al interior, ya que solo 12 % de los individuos interfieren con el cableado eléctrico, 37 % con señalamientos y 9 % obstruye los andadores. Velasco *et al.* (2013) registraron en el Bosque de San Juan de Aragón que 7.9 % del arbolado tenía algún riesgo asociado a los cables de luz, rejas, banquetas y construcciones como bardas o jardineras. Estas condiciones son

diferentes a lo consignado para otras áreas urbanas como jardines, parques o en camellones en donde los principales daños a la infraestructura se relacionan, directamente, con la incorrecta selección de especies a causa del desconocimiento de su biología, desarrollo y a su manejo inadecuado (Román-Guillen *et al.*, 2019).

No obstante, las condiciones en el Parque Viveros de Coyoacán son similares a las de otros bosques o parques de la Ciudad de México, como el Bosque de Chapultepec (Benavides y Fernández, 2012) y el Bosque de San Juan de Aragón (Velasco *et al.* 2013; Saavedra-Romero *et al.*, 2019a y 2019b), o en árboles de alineación (Román-Guillen *et al.*, 2019), todos ubicados en condiciones limitantes por abasto de agua o apertura inducida del espacio por debajo del dosel por cuestiones de seguridad y por las actividades de recreación.

Las características que pueden definirse como defectos asociados a los árboles (Figura 2) evidenciaron que poco más de 70 % de los troncos de la población muestreada tienen grietas y madera muerta provocadas por canchales, uniones débiles de ramas, o heridas por daños mecánicos o vandalismo. Estos factores ocasionaron la formación de oquedades, las cuales en la mayoría fueron la puerta de entrada de agentes patógenos causantes del deterioro o reducción de la estabilidad y de las propiedades físico-mecánicas del árbol en pie, ya que los fitopatógenos se presentaron en ramas, troncos y raíces. En la mitad del arbolado, se registraron uniones débiles en las ramas, que incluyen las ramas producto de brotes epicórmicos en respuesta a heridas o estrés ambiental, y 60 % desarrollaron úlceras o canchales en ramas. A menudo, las fracturas o grietas se originaron de estas zonas, con alto riesgo de provocar la caída del ejemplar.

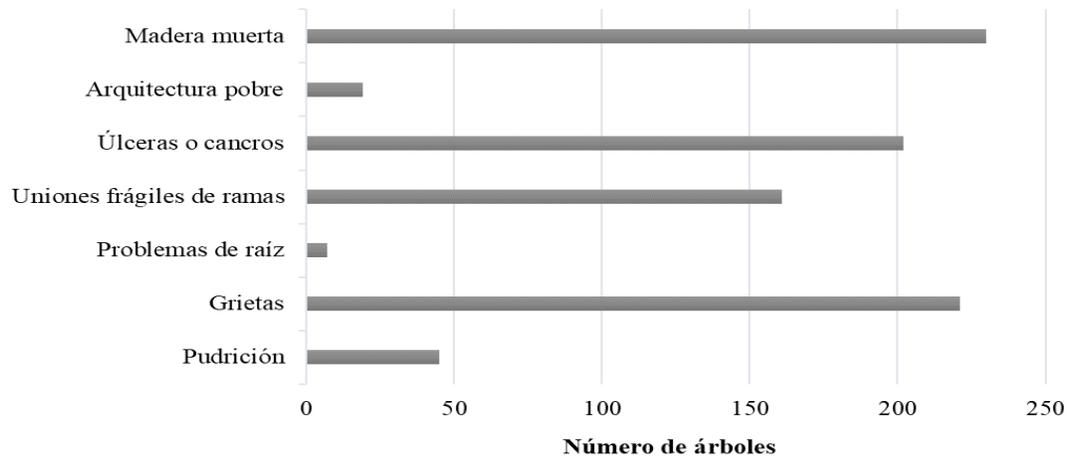


Figura 2. Defectos que presentan los árboles de riesgo en el Parque Viveros de Coyoacán, Ciudad de México.

Referente al grado de riesgo, se determinó que 131 árboles del total representan un riesgo extremo (32 %) y alto riesgo (12 %) (Cuadro 2, Figura 2). Los defectos relacionados son la pudrición, grietas, uniones frágiles de las ramas, cancos y madera muerta. Pokorny y Albers (2003) indican que esas características son las principales causas de un alto riesgo para la población en cualquier área urbana. Asimismo, las pudriciones de raíces ocasionadas por hongos constituyen un factor adicional para la potencial caída del individuo arbóreo (Calaza e Iglesias, 2016).

Con relación a las categorías de riesgo, las especies con mayores porcentajes de códigos rojo y naranja (riesgo extremo y alto riesgo, respectivamente) fueron *Cupressus lusitanica* (25 %), además del género *Pinus* (22 %), *Ulmus parvifolia* (13.7 %), *Fraxinus uhdei* (10.7 %) y *Liquidambar styraciflua* (9.9 %); los de menor porcentaje fueron *Alnus acuminata*, *Casuarina cunninghamiana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton y *Morus celtidifolia* Kunth.

En un trabajo similar de Castillo-Islas *et al.* (2008), estimaron que 37 y 26 % de los árboles se clasificaron en color rojo y naranja, respectivamente, y las especies que prevalecieron fueron *Fraxinus uhdei*, *Cupressus lusitanica* y *Casuarina*

cunninghamiana en tres zonas de alta concurrencia de la Universidad Autónoma Chapingo; lo anterior implica un riesgo potencial o severo, con madera podrida y cavidades, daños radiculares severos, uniones débiles entre ramas, puntas y ramas muertas, alta densidad y ejemplares viejos. Situación parecida ocurre en áreas cercanas al Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza, donde 52 % de los árboles son de un riesgo alto para la población debido a que están en malas condiciones, o son propensos a caída de ramas o de los individuos completos sobre los usuarios e inmuebles (Pérez *et al.*, 2018).

En el presente trabajo, la mayor proporción de los individuos inventariados se clasificaron con código amarillo (47 %), es decir, de riesgo moderado (Figura 3). Finalmente, solo 9 % correspondieron a la categoría sin riesgo alguno, y las especies que conformaron este grupo fueron *Phoenix canariensis* Chabaud y *Yucca elephantipes* Baker.

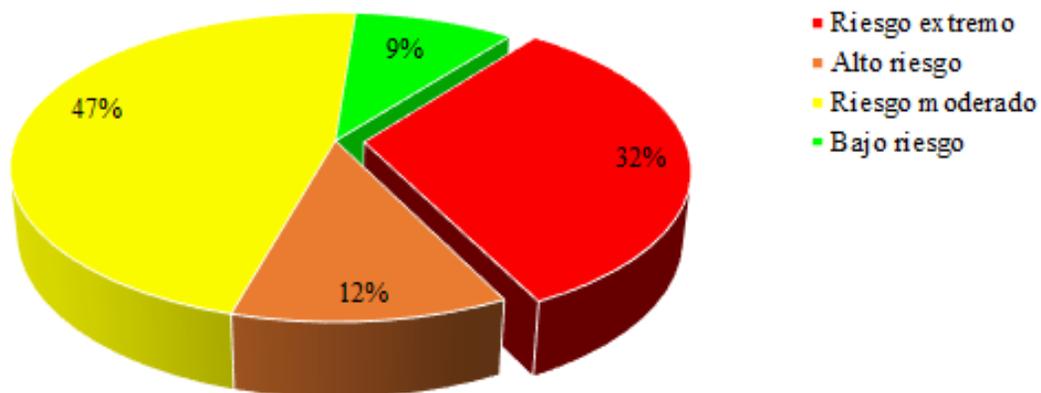


Figura 3. Porcentaje de árboles de riesgo en el Parque Viveros de Coyoacán, Ciudad de México.

Con base en los resultados, las acciones de manejo son básicas para mejorar las condiciones del Parque y brindar seguridad a los usuarios; se recomiendan podas de

formación y de saneamiento, cirugías en las oquedades y cavidades del arbolado, además de realizar trabajos de descompactación de suelos al interior de las jardineras. Por otro lado, en futuros programas de plantación o reemplazo de ejemplares, se sugiere diversificar las especies; por lo anterior, es importante emprender un programa de capacitación del personal operativo, con la asesoría de ingenieros o técnicos que participen en los trabajos del Parque, con equipo de trabajo y seguridad apropiado.

Conclusiones

Los criterios e indicadores empleados para la caracterización del arbolado de riesgo en el Parque Viveros de Coyoacán, permiten identificar y evaluar de manera visual los defectos y riesgos de los individuos arbóreos que representan un peligro para la población usuaria del Parque. Los defectos más frecuentes son la pudrición, grietas, uniones frágiles de las ramas, canchales y madera muerta. Las especies con mayores porcentajes de riesgo extremo y alto riesgo son *Cupressus lusitanica*, *Pinus sp.*, *Ulmus parvifolia*, *Fraxinus uhdei* y *Liquidambar styraciflua*. Hay una baja afectación a la infraestructura del Parque. Esta información es relevante para los administradores responsables de implementar medidas preventivas para mitigar o evitar daños potenciales a los usuarios del Parque.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que, a través de la administración del Parque Nacional Viveros de Coyoacán, apoyaron con los permisos para la realización de este trabajo.

Conflicto de intereses

Liliana Muñoz Gutiérrez declara no haber participado en el proceso editorial del presente manuscrito, ya que es Editora de Sección de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales.

Contribución por autor

Liliana Muñoz Gutiérrez: definición de metodología, análisis de datos y escritura del documento; Ramiro Pérez Miranda: procesamiento de imágenes, revisión y corrección del manuscrito; José Francisco Reséndiz Martínez: gestión de los permisos en el Parque Nacional Viveros de Coyoacán, revisión y corrección del manuscrito; Rodolfo Reyes Robles: trabajo de campo, captura y procesamiento de información, escritura del documento.

Referencias

Albers, J. S., J. D. Pokorny and G. R. Johnson. 2003. How to detect and assess hazardous defects in trees. In: Pokorny, J. (coord.). Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation. United State Department of Agriculture Forest Service. Falcon Heights, MN, USA. pp. 41-109.

Baró, F., L. Chaparro, E. Gómez-Baggethun, J. Langemeyer, D. J. Nowak and J. Terradas. 2014. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio A Journal of the Human Environment* 43(4):466-479. Doi: [10.1007/s13280-014-0507-x](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x).

Benavides M., H. M. y D. Y. Fernández G 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques* 18(2):51-71. Doi: [10.21829/myb.2012.182352](https://doi.org/10.21829/myb.2012.182352).

Calaza M., P. y M. I. Iglesias D. 2016. El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. Mundi-Prensa. Llanera, AS, España. 526 p.

Castillo-Islas, V., G. Vera-Castillo, F. Carrillo-Anzures y E. Buendía-Rodríguez. 2008. Árboles en riesgo en tres áreas verdes del campus de la Universidad Autónoma Chapingo. *Revista Arbolama* 1:7-13. https://arboricultura.mx/wp-content/uploads/2018/04/ARBOLAMA_1.pdf. (2 de junio de 2020).

Cervantes B., M., R. Ortiz B. y J. F. Reséndiz M. 2019. Condición fitosanitaria del arbolado de la tercera sección del Bosque de Chapultepec. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 6(1):122-135. https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/12-RMAE_2019-10-Arbolado-To-edit.pdf. (3 de junio de 2020).

Coelho-Duarte A. P., G. Daniluk-Mosquera, V. Gravina, Ó. Vallejos-Barra and M. Ponce-Donoso. 2021b. Tree risk assessment: component analysis of six visual methods applied in an urban park, Montevideo, Uruguay. *Urban Forestry & Urban Greening* 59(1):1-9. Doi: [10.1016/j.ufug.2021.127005](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127005).

Coelho-Duarte, A. P., G. Daniluk-Mosquera, V. Gravina, A. Hirigoyen, Ó. Vallejos-Barra and M. Ponce-Donoso. 2021a. Proposal of two visual tree risk assessment methods for urban parks in Montevideo, Uruguay. *Bosque* 42(2):259-268. Doi: [10.4067/S0717-92002021000200259](https://doi.org/10.4067/S0717-92002021000200259).

Departamento Forestal y de Caza. 1938. Decreto que declara Parque Nacional "El Histórico Coyoacán", los terrenos de esa población. Diario Oficial Tomo CX, Núm. 21, 26 de septiembre de 1938. Distrito Federal, México. pp. 9-10.

Gobierno de la Ciudad de México. 2016. Parque Nacional Viveros de Coyoacán. <https://www.archivo.cdmx.gob.mx/vive-cdmx/post/parque-nacional-viveros-de-coyoacan> (2 de junio de 2020).

Hauer, R. J. and G. R. Johnson. 2003. Tree Risk Management. In: Pokorny, J. (coord.). Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation. United State Department of Agriculture Forest Service. Falcon Heights, MN, USA. pp. 5-10.

Hernández O., A., R. Balmaseda S. y A. Romeo S. 2011. Evaluación resistográfica de los árboles del Centro Histórico de La Habana. Medio Ambiente y Desarrollo, Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente 11(20). <https://cmad.ama.cu/index.php/cmada/article/view/158>. (4 de junio de 2020).

Koeser, A. R., R. Hauer, J. W. Miesbauer and W. Peterson. 2016. Municipal tree risk in the United States: Findings from a comprehensive survey of urban forest management. *Arboriculture Journal* 38(4):218-229. Doi: [10.1080/03071375.2016.1221178](https://doi.org/10.1080/03071375.2016.1221178).

Martins N., E., L. M. dos Santos, F. G. König B., E. J. Brun, S. M. Krefta y R. L. Grisi M. 2018. Condiciones de los árboles urbanos: un estudio de revisión. *RECyT Revista de Ciencia y Tecnología* 20(30):56-61. <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/252/179>. (6 de junio de 2020).

Matheny, N. and J. Clark. 2009. Tree risk assessment. What we know (and what we don't know). *Arborist News* 18:28-37. https://www.researchgate.net/publication/292089898_Tree_risk_assessment_What_we_know_and_what_we_don't_know. (15 de junio de 2020).

National Tree Safety Group (NTSG). 2011. Common sense risk management of trees: Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers. Forestry Commission. Murrayfield, ED, Scotland.

Nowak, D. J., D. E. Crane and J. C. Stevens. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening* 3-4:115-123. Doi: [10.1016/j.ufug.2006.01.007](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007).

Pérez M., R., A. Santillán F., F. D. Narváez Á., B. Galeote L. y N. Vásquez B. 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. Doi: [10.29298/rmcf.v9i45.143](https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.143).

Pokorny J. D. and J. S. Albers. 2003. Community tree risk management: program planning and design. In: Pokorny, J. (coord.). *Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation*. United State Department of Agriculture Forest Service. Falcon Heights, MN, USA. pp. 11-39.

Reséndiz M., J. F., L. Guzmán D., A. L. Muñoz V., C. Nieto de Pascual P. y L. P. Olvera C. 2015. Enfermedades foliares del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, Azcapotzalco, D. F. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(30): 106-123. Doi: [10.29298/rmcf.v6i30.211](https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.211).

Restrepo O., H. I., F. Moreno H. y C. E. Hoyos E. 2015. Incidencia del deterioro progresivo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, Colombia. *Colombia Forestal* 18(2):225-240. Doi: [10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.2.a04](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.2.a04).

Román-Guillén L. M., C. Orantes-García, C. U. del Carpio-Penagos, M. S. Sánchez-Cortés, M. L. Ballinas-Aquino y O. Farrera S. 2019. Diagnóstico del arbolado de alineación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Madera y Bosques* 25(1):e2511559. Doi: [10.21829/myb.2019.2511559](https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511559).

Ruiz-Montiel, C., V. Vázquez-Torres, M. de J. Martínez-Hernández, L. Murrieta-Pérez y M. S. Perea-Hernández. 2014. Árboles y arbustos registrados en el Parque

Ecológico Molino de San Roque, Municipio de Xalapa, Veracruz. *Madera y Bosques* 20(2):143-152. Doi: [10.21829/myb.2014.202170](https://doi.org/10.21829/myb.2014.202170).

Saavedra-Romero L. de L., P. Hernández-de la Rosa, D. Alvarado-Rosales, T. Martínez-Trinidad y J. Villa-Castillo. 2019a. Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica* 47:25-37. Doi: [10.18387/polibotanica.47.3](https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3).

Saavedra-Romero, L. de L., D. Alvarado-Rosales, T. Martínez-Trinidad and P. Hernández-de la Rosa. 2019b. Identification of defects and risks in trees of San Juan de Aragon Forest, Mexico City. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 25(1):31-47. Doi: [10.5154/r.rchscfa.2018.06.049](https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.06.049).

Santamour, F. S. 1990. Trees for urban planting: Diversity, uniformity, and common sense. In: *The Morton Arboretum (ed.) Trees for the Nineties: Landscape Tree Selection, Testing, Evaluation, and Introduction: Proceedings of the Seventh Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*. Metropolitan Tree Improvement Alliance Conference. Lisle, IL, USA. pp. 57-65.

Schreuder, H. T., R. Ernst and H. Ramírez-Maldonado. 2004. Statistical techniques for sampling and monitoring natural resources. United State Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Fort Collins, CO, USA. 111 p. https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr126.pdf. (15 de junio 2020).

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2018. Viveros de Coyoacán: un remanso en la urbe. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/viveros-de-coyoacan-un-remanso-en-la-urbe-160228?idiom=es>. (10 de mayo de 2020).

Tomao, A., L. Secondi, P. Corona, D. Giuliarelli, V. Quatrini and M. Agrimi. 2015. Can composite indices explain multidimensionality of tree risk assessment? A case study in an historical monumental complex. *Urban Forestry and Urban Greening* 14(3):456-465. Doi: [10.1016/j.ufug.2015.04.009](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.009).

Velasco B., E., E. N. Cortés B., A. González H., F. Moreno S. y H. M. Benavides M. 2013. Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(19):102-111. Doi: [10.29298/rmcf.v4i19.382](https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i19.382).

Vogt, J., R. J. Hauer and B. C. Fisher. 2015. The costs of maintaining and not maintaining the urban forest: A review of the urban forestry and arboriculture literature. *Arboriculture and Urban Forestry* 41(6):293-323. Doi: [10.48044/jauf.2015.027](https://doi.org/10.48044/jauf.2015.027).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.