

Predominancia de especies forestales y asociación de hongos fitopatógenos en árboles de la Ciudad de México

Predominance of forest species and association of phytopathogenic fungi in trees of Mexico City

José Francisco Reséndiz Martínez¹, Mónica Gutiérrez-Rojas^{2*}, Pablo Preciado-Rangel³, Ana Lilia Viveros Muñoz⁴, Daniel Ruiz-Juárez^{2*}

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

² Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. CP. 04960. México.

³ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 70.5, ejido Ana 27170 Torreón, Coahuila, México.

⁴ Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

ABSTRACT

The objective was to determine the prevalence of forest species and identify phytopathogenic fungi in trees in CDMX. The trees were delimited to the Parque 18 de Marzo, based on the distribution of parks and gardens with native and introduced vegetation. From 2018 to 2020, diseased plant tissues were sampled and collected from tree species. The classification was through the manual of botanical species of the Valley of Mexico and the identification of fungi with taxonomic keys. We found 25 botanical families with significant differences ($p \leq 0.05$) in the diversity of native (39.51 %) and introduced (60.49 %) species. Leaves, shoots and branches presented leaf spots, chlorosis, cankers, death of vascular tissue, powdery mildew and rust. The degree of affectation with the highest impact on health and quality of the trees were by *Kirramyces epicoccoides*, *Aspergillus niger*, *Tubercularia* sp. and *Alternaria alternata* (2.34, 2.58, 5.74 and 6.80 %, respectively). The cumulative incidence of cases registered in trees was 17.46 %. *Ulmus parvifolia* expressed greater epidemiological increase. *A. alternata* had a significant impact on population dynamics. The incidence of phytopathogenic fungi in tree species evidenced the general phytosanitary status that CDMX trees represent, which will allow establishing management measures for specific diseases.

Key words: Cumulative population dynamics, phytosanitary status, cumulative incidence.

RESUMEN

El objetivo fue determinar la prevalencia de especies forestales e identificar hongos fitopatógenos en árboles de CDMX. El arbolado se delimitó en el Parque 18 de marzo a partir de la distribución de parques y jardines con vegetación nativa e introducida. De 2018 - 2020 se muestrearon especies arbóreas y se recolectó tejido vegetal enfermo, la clasificación se realizó mediante el manual de especies botánicas del Valle de México y la identificación de hongos con claves taxonómicas. Se encontraron 25 familias botánicas con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la diversidad de especies nativas

(39.51 %) e introducidas (60.49 %). Hojas, brotes y ramas presentaron manchas foliares, clorosis, canchros, muerte de tejido vascular, cenicillas y royas. El grado de afectación con mayor incidencia en sanidad y calidad del arbolado fue *Kirramyces epicoccoides*, *Aspergillus niger*, *Tubercularia* sp. y *A. alternata* (2.34, 2.58, 5.74, 6.80 %, respectivamente). La incidencia acumulada de casos registrados en arbolado fue del 17.46 %. *Ulmus parvifolia* expresó mayor aumento epidemiológico. *A. alternata* tuvo impacto significativo en la dinámica poblacional. La incidencia de hongos fitopatógenos en especies arbóreas evidenció el estatus fitosanitario general que representa el arbolado de CDMX, lo que permitirá establecer medidas de manejo de enfermedades específicas.

Palabras clave: Dinámica poblacional acumulada, estatus fitosanitario, incidencia acumulada.

INTRODUCCIÓN

La superficie forestal del mundo corresponde a 4 058 millones de ha, de esta superficie, México cuenta con 66.7 millones de ha de selva y bosque templado (FAOSTAT, 2021) y esto representa el 48.1 % de la superficie forestal nacional (CONAFOR, 2023). Las estadísticas del INEGI (2021) enfatizan, que en los últimos años la población forestal que integra los bosques, parques y jardines ha incrementado 25.1 % de la vegetación nacional, sin embargo, los ecosistemas en áreas forestales pueden afectarse debido a la interacción de factores microbiológicos (Cibrián, 2016), en este sentido, la FAO (2018) confirmó que, a partir de 75 países registrados con índice forestal, el 70 % de la superficie forestal es afectada por problemas fitosanitarios. Así mismo, en los países del Centro y Norte de América, 58 millones de ha de bosques forestales fueron afectadas por enfermedades (FAOSTAT, 2021). En México, en 2022 el SIVICOFF (2023) encontraron 8 420 ha de bosque alteradas por problemas fitosanitarios. De esta superficie, 2 467 ha manifestaron epidemias en el área foliar, tallo o raíz causadas por microorganismos. Sin embargo, Cervantes *et al.* (2019) mencionan que la distribución espacial de áreas forestales enfermas en parques y jardines es incierta.

*Autor para correspondencia: M. Gutiérrez-Rojas; D. Ruiz-Juárez
Correo-e: mgutierrez@correo.xoc.uam.mx; druiz@correo.xoc.uam.mx

Recibido: 17 de septiembre de 2023

Aceptado: 3 de abril de 2024

Publicado: 2 de mayo de 2024

También, Reséndiz-Martínez *et al.* (2019) confirman que el inventario de enfermedades en áreas boscosas y parques con jardín de la Ciudad de México (CDMX) es limitado. La CONAFOR menciona que en los pocos estudios que abordan la patología vegetal de áreas verdes de las grandes urbes, los principales hongos fitopatógenos causantes de enfermedades en el arbolado son *Tubercularia* sp. (Tode) Fr., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Fusarium oxysporum* Schldt., *F. solani* (Mart.) Sacc., *Phytophthora cinnamomi* Rands., *Verticillium albo-atrum* Kleb, 1950, *Phymatotrichopsis omnivora* (Shear) Duggar (1916), *Armillaria* spp. (Fr.) Staude, *Botryosphaeria* Ces. & De Not y *Phomopsis* spp. (Sacc.) Bubák 1905, en este sentido, la Comisión ratifica que en algunas entidades federativas de México se cuenta con el registro de hongos causantes de enfermedades en los ecosistemas forestales (CONAFOR, 2007). La biodiversidad de hongos fitopatógenos en los sistemas forestales causa alteraciones fisiológicas en las estructuras botánicas del arbolado (Cibrián-Tovar *et al.*, 2008). De acuerdo con Balla *et al.* (2021) en los suelos forestales se encuentra la mayor diversidad de habitantes microbianos, por gramo de suelo se observan 0.7 mg de micelio de hongos, además, el desarrollo de hongos fitopatógenos en un ecosistema forestal es heterogéneo, debido a que habitan en el suelo, follaje, de forma endófito en las estructuras internas del área foliar, tallo y radícula de la planta. Algunas especies pueden presentar estructuras de resistencia o sobrevivencia a condiciones adversas, se dispersan y se adaptan a diferentes ambientes, lo que favorece la reproducción del patógeno, además, de propagarse a zonas arbóreas libres de enfermedades. En bosques nativos e introducidos afectan millones de árboles cada año, principalmente las especies no nativas amenazan a los bosques porque tienen poco control natural, el ambiente puede ser favorable para la proliferación y la incidencia de brotes puede ser devastadora causando daños ecológicos y económicos.

De acuerdo con Sosa *et al.* (2018), las alteraciones climáticas influyen en la dinámica poblacional de los hongos fitopatógenos, mismos que se adaptan y reproducen en los sistemas forestales. Es decir, en el tiempo, la población de hongos se incrementa de forma gradual (Reséndiz *et al.*, 2020). El estatus fitosanitario del arbolado de las ciudades, también se agudiza con el cambio climático y el efecto de las enfermedades forestales provocadas por hongos fitopatógenos (Cibrián, 2016; Giraldo-Aristizábal *et al.*, 2022). Con base en los antecedentes anteriores, el objetivo de esta investigación consistió en analizar la predominancia de especies forestales y determinar la presencia de hongos fitopatógenos en el arbolado de la Ciudad de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este se estableció a partir de la distribución de parques y jardines de la CDMX, con vegetación nativa e introducida, de forma aleatoria el arbolado de estudio se delimitó en el Parque 18 de marzo, entre los 19° 29' 00" N y 99° 07' 24" O. Con superficie de 66,700 m². El clima de acuerdo con Köppen

(1936) modificado por García (2004) se clasifica como C (w,) (w)(i)g, templado subhúmedo con lluvias en verano (700 mm a 1100 mm), temperatura anual de 5 a 18 °C y humedad relativa del 55 % (INEGI, 2018).

Muestreo población forestal

Durante el periodo comprendido entre diciembre 2018 y diciembre 2020 se realizaron 24 muestreos en intervalos de 30 d, el estudio se realizó en el total de la población del arbolado. Por especie botánica se registraron cantidad de árboles, fecha y coordenadas UTM con geoposicionador (GARMIN®) modelo Global Positioning System® (12XL). En el sitio de estudio se identificaron las especies arbóreas con la Guía de Árboles y Arbustos de la Zona Metropolitana de la CDMX (Rodríguez y Cohen, 2003). En el laboratorio de Botánica del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF) del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, el material botánico de frutos, hojas y órganos florales se clasificó con base en el manual de Rzedowski *et al.* (2005), y con base en la especie forestal, las muestras se fraccionaron en cinco submuestras (cinco repeticiones) de cada estructura vegetal.

Incidencia de hongos fitopatógenos

En la población total del arbolado se realizó el censo y la georreferenciación de árboles enfermos empleando GPS GARMIN®. Se efectuó inspección visual para localizar signos con base en estructuras del hongo fitopatógeno y síntomas basados en pigmentaciones, clorosis, moteados, mosaicos, marchitez, quemaduras, necrosis y defoliación en el tallo y follaje tomando como referencia guías ilustradas con síntomas de plantas agrícolas y uso forestal (Díaz-Núñez *et al.*, 2014; Cibrián, 2016; Aprea y Murace, 2019). Durante el reconocimiento se registró la interacción de parasitismo entre el huésped y el hospedero. Acorde con la fisiología vegetal del follaje y cambios fenológicos, por especie arbórea, las muestras se tomaron en intervalos de 30 d. Con base en los cuatro puntos cardinales el tejido leñoso, hojas y brotes axilares con signos y síntomas se tomaron por triplicado. A la par, el muestreo también se realizó dividiendo la copa del árbol en cuatro estratos considerando la parte basal de la copa como estrato uno, y la parte apical de la copa como el estrato cuatro y con el promedio del número de casos obtenidos se estimó la incidencia. Las muestras se conservaron en bolsas estériles de polietileno a 4 °C.

Análisis microbiológico

Por cada árbol que presentó sintomatología se realizaron aislamientos de los hongos fitopatógenos. El aislamiento se llevó a cabo con base en el Manual para el Aislamiento y Reproducción de Hongos Fitopatógenos de Shurtleff y Averre (1997), Waller *et al.* (1998) y Riley (2002). Los cultivos se realizaron en Cajas Petri con Agar Dextrosa Papa (PDA), Dextrosa Sabouraud (DS), Rosa de Bengala (RB) y Agar Agua (AA), las placas se incubaron a 28 °C en obscuridad total, hasta la for-



mación de cuerpos fructíferos y estructuras de reproducción. La identificación de los especímenes fue morfométrica, con base en la observación directa de colonias y reconocimiento de estructuras de reproducción a través de microscopio estereoscopio SZX7 Olympus® y microscopio compuesto Olympus C3°. Se tomó como base las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1972); Alexopoulos y Mims (1985); Márquez (2005); Cibrián-Tovar *et al.* (2008); Ainsworth (2009); Carris *et al.* (2012) y Cibrián (2016).

Comportamiento epidemiológico

El riesgo fitosanitario y la intensidad de la enfermedad en las especies nativas y exóticas se determinó con la sumatoria de la especie del arbolado afectada. La incidencia se calculó con la Dinámica Poblacional Forestal acumulada con la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{DPFa}{TPFa} \times 100$$

Donde: $DPFa$ = Dinámica Poblacional Forestal acumulada; $TPFa$ = Total Poblacional Forestal acumulada.

La curva de Frecuencias relativas acumuladas (F_i) se obtuvo con base en la fórmula:

$$F_i = \frac{N_i}{n}$$

Donde: F_i = Frecuencia relativa acumulada; N_i = Frecuencia absoluta acumulada; n = Frecuencia absoluta.

Los datos de incidencia y frecuencia relativa (F_r) fueron procesados en una hoja de Excel y se llevaron a cabo los análisis estadísticos con el programa JMP® Versión 8. En función del tamaño de muestras, se realizó una comparación de medias \pm desviación estándar (DE) con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Predominancia de especies forestales

De acuerdo con la PAOT (2018), en la CDMX, 20.4 % del suelo urbano está protegido por áreas verdes, de esta superficie el 55.9 % son zonas arboladas, la población de árboles en su mayoría está constituida por especies introducidas, estos datos coinciden con el censo forestal de esta investigación (Tablas 1 y 2). Las áreas destinadas a parques y jardines de la CDMX se encuentran en constante amenaza por el deterioro ambiental causado por invasión de áreas verdes, daños físicos, mecánicos, contaminación directa a las especies forestales, además de los efectos causados por plagas y enfermedades que son introducidas por el hombre, quien se da a la tarea de mover e introducir especies forestales sin ninguna medida fitosanitaria o de planeación espacial (SEDEMA, 2018). Derivado de las recurrentes prácticas al arbolado de la CDMX, en las alcaldías se pierden en promedio 210 ha de composición arbórea. En la alcaldía Gustavo A. Madero de 785.2 ha de áreas verdes, 344 ha son destinadas a la cubierta forestal

(PAOT, 2018). En el estudio realizado al arbolado de parques y jardines del Parque 18 de Marzo de la Ciudad de México predominaron 39.51 % (337 árboles) de especies nativas (Tabla 1) y 60.49 % (516 árboles) especies exóticas, con población de 853 árboles (Tabla 2). En este sentido, los datos derivados del sitio de estudio permitirán la actualización del censo forestal de especies nativas e introducidas. La diversidad de especies se concentró en 25 familias botánicas y predominaron las familias de especies introducidas (Cuadro 2). Estos datos concuerdan con lo reportado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, quien menciona que la diversidad de árboles en las áreas urbanas es exótica (CONABIO, 2016). Las especies arbóreas nativas que se identificaron en el arbolado son originarias de México, E.U.A y Guatemala. La distribución de especies exóticas identificadas en este estudio es de Asia Central, Australia, China, Corea, Japón, Islas Norfolk, India, Nepal, Pakistán, Tailandia, Malasia, Polinesia, Brasil, Argentina, Perú, Chile e Islas Canarias.

El histograma de incidencia de especies arbóreas (Figura 1) revela a Cedro Blanco (*C. lusitanica* Mill) como la especie endémica más abundante del parque con 221 árboles. Le siguen el Fresno (*F. uhdei* (Wenz.) Lingelsh), Yuca (*Y. elephantipes* Regel), Colorín o Zompantele (*E. coralloides* Miller), Ahuehuete (*T. mucronatum* Ten), Ahuejote (*S. bonplandiana* Kunth) y Capulín (*P. serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh).

La frecuencia más alta de las especies exóticas con 131 árboles pertenece a la Casuarina (*C. equisetifolia* L.), enseguida, el Olmo chino (*U. parvifolia* Jacq.), Trueno (*L. lucidum* W.T. Aiton), Eucalipto (*E. camaldulensis* Dehn), Palmera (*P. canariensis* Chabaud), Alcanfor (*E. globulus* Labill.), Pirul (*S. molle* L.), Jacaranda (*J. mimosifolia* D. Don) y Duraznero (*P. persica* (L.) Batsch) como la población de especies arbóreas introducidas más sobresalientes.

Incidencia de hongos fitopatógenos

En el sitio de estudio se observaron 10 géneros de hongos concentrados en nueve familias causantes de enfermedades, que pertenecen a los órdenes Erysiphales, Pucciniales, Pleosporales, Eurotiales, Capnodiales, Hypocreales y Mycosphaerellales. Los hongos de la familia Erysiphaceae causaron cenicilla en el haz de la hoja de *A. negundo* y *P. persica*; Uropyxidaceae produjeron Roya café-cobrizo en el envés de las hojas de *P. serotina*; Pleosporaceae mostraron mancha foliar circular en las hojas de *F. benjamina*, *S. terebinthifolius* y *L. styraciflua*, también, en *U. parvifolia* se observaron manchas foliares en el margen y centro de la hoja; Melampsoraceae manifestaron roya amarillo-naranja en el envés de las hojas de *P. alba*; Trichocomaceae ocasionó manchas foliares en margen del haz y envés de la hoja de *S. terebinthifolius* y en *C. lusitanica* originó clorosis en brácteas de las hojas; Nectriaceae causaron manchas foliares en follaje de *E. coralloides*; Mycosphaerellaceae expresaron orificios circulares definidos y manchas foliares rojizas en *P. persica*, asimismo, en *E. camaldulensis* se observó mancha foliar en haz y envés de la hoja; Hypocreomycetidae y Sphaeroidaceae causaron síntomas de cancro y muerte en ramas en *U. parvifolia* (Tabla 3).

Tabla 1. Especies arbóreas nativas del Parque 18 de Marzo de la CDMX.**Table 1.** Native tree species of the Parque 18 de Marzo of CDMX.

Familia	Especie	Nombre común	Å	*F _R (%)	**Fi (%)
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth ²	Aile, aliso	1	0.12±0.01 ^r	0.001
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth ³	Tepozán	1	0.12±0.01 ^r	0.002
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> Zucc ¹	Pino, piñón	1	0.12±0.01 ^r	0.003
Sapindaceae	<i>Acer negundo</i> subsp. <i>mexicanum</i> (DC.) Wesm. ¹	Acacia	2	0.23±0.01 ^{pa}	0.006
Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> var. <i>mexicana</i> Oerst ²	Liquidambar, Copalme, Ocozote	3	0.35±0.01 ^{op}	0.009
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth ²	Ahuejote	3	0.35±0.01 ^{op}	0.013
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh ²	Capulín	6	0.70±0.1 ⁿ	0.020
Taxodiaceae	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten ¹	Ahuehuate, sabino	9	1.06±1.0 ^{lm}	0.030
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i> Miller ²	Colorín, zompantle	14	1.64±1.0 ⁱ	0.047
Asparagaceae	<i>Yucca elephantipes</i> Regel ¹	Yuca, isote	17	1.99±1.0 ^h	0.067
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh ²	Fresno	59	6.92±1.0 ^d	0.136
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill ¹	Cedro Blanco, Ciprés	221	25.91±1.0 ^a	0.395

Å Árboles por especie, *Frecuencia relativa; **Frecuencia absoluta acumulada; ¹Perennifolio, ²Caducifolio, ³Subcaducifolio; Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Tabla 2. Especies arbóreas exóticas del Parque 18 de Marzo de la CDMX.**Table 2.** Exotic tree species of the Parque 18 de Marzo of CDMX.

Familia	Especie	Nombre común	Å	*F _R (%)	**Fi (%)
Fabaceae	<i>Acacia retinodes</i> Schltld ¹	Acacia	1	0.12±0.01 ^r	0.396
Araucariaceae	<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco ¹	Araucaria	1	0.12±0.01 ^r	0.397
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck ¹	Naranja	1	0.12±0.01 ^r	0.398
Moraceae	<i>Ficus elastica</i> Roxb. Ex. Hornem ¹	Hule	1	0.12±0.01 ^r	0.400
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L. ¹	Laurel Benjamín	2	0.23±0.01 ^{pa}	0.402
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L. ²	Álamo plateado	2	0.23±0.01 ^{pa}	0.404
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi ¹	Pirul del Brasil	2	0.23±0.01 ^{pa}	0.407
Arecaceae	<i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H. Wendl. ¹	Palma estrella	2	0.23±0.01 ^{pa}	0.409
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L. ¹	Higuera	4	0.47±0.01 ^o	0.414
Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i> L. f. ¹	Laurel de Indias	4	0.47±0.01 ^o	0.418
Rosaceae	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch ²	Durazno	10	1.17±1.0 ⁱ	0.430
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don ³	Jacaranda	11	1.29±1.0 ^k	0.443
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L. ¹	Pirú, pirul	13	1.52±1.0 ^{ji}	0.458
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. ¹	Gigante, Eucalipto,	34	3.99±1.0 ^{fg}	0.498
Arecaceae	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud ¹	Alcanfor Palmera Palma Canaria o Fénix	35	4.10±1.0 ^f	0.539
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh ¹	Alcanfor, Eucalipto	39	4.57±1.0 ^e	0.585
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton ¹	Trueno	99	11.61±1.0 ^c	0.701
Ulmaceae	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq. ²	Olmo chino	124	14.54±1.0 ^b	0.846
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. ¹	Falso pino, Casuarina	131	15.36±1.0 ^b	1.00

Å Árboles por especie, *Frecuencia relativa; **Frecuencia absoluta acumulada; ¹Perennifolio, ²Caducifolio, ³Semicaducifolio. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).



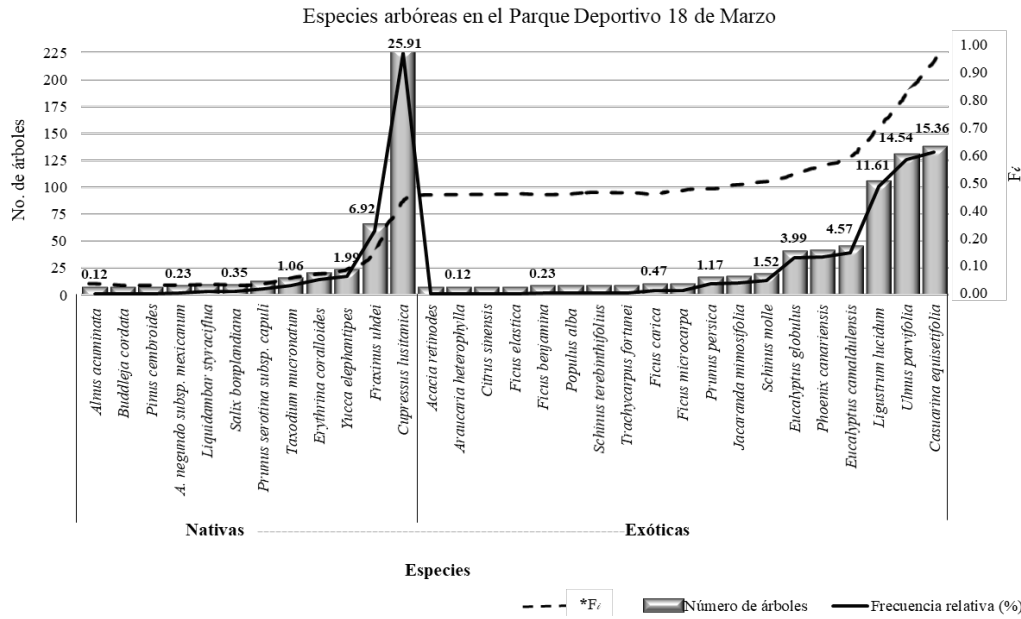


Figura 1. Histograma de incidencia de especies arbóreas del Parque 18 de Marzo de la CDMX, más la curva de *frecuencias relativas acumuladas (Fi).
Figure 1. Histogram of incidence of tree species in the Parque 18 de Marzo of CDMX, plus the curve of *accumulated relative frequencies (Fi).

Tabla 3. Hongos fitopatógenos presentes y frecuencia relativa en árboles del Parque 18 de Marzo de la CDMX.
Table 3. Phytopathogenic fungi present and relative frequency in trees of the Parque 18 de Marzo of CDMX.

Especie botánica	Hongos fitopatógenos					
	Familia	Género y especie	Forma de vida	Ñ	*F _R (%)	**F _i (%)
<i>Acer negundo</i> subsp. <i>mexicanum</i> (DC.) Wesm.	Erysiphaceae	<i>Oidium</i> sp. Vallr. ex Fr.	Po	2	0.23±0.01 ^f	0.01
<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh.	Uropyxidaceae	<i>Tranzschelia discolor</i> (Fuckel) Tranzschel & MALitv.	Po	2	0.23±0.01 ^f	0.02
<i>Ficus benjamina</i> L.	Pleosporaceae	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Sf	2	0.23±0.01 ^f	0.03
<i>Populus alba</i> L.	Melampsoraceae	<i>Melampsora magnusiana</i> Wagner.	Po	2	0.23±0.01 ^f	0.04
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	Erysiphaceae	<i>Sphaerotheca pannosa</i> (Wallr.) de Bary.	Po	2	0.23±0.01 ^f	0.06
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Trichomaceae	<i>Aspergillus niger</i> P.E.L. van Tieghem.	Sf	2	0.23±0.01 ^f	0.07
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Pleosporaceae	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Sf	2	0.23±0.01 ^f	0.08
<i>Erythrina coralloides</i> Miller.	Nectriaceae	<i>Fusarium</i> sp. Schldtl.	Pf	3	0.35±0.01 ^e	0.10
<i>Liquidambar styraciflua</i> var. <i>mexicana</i> Oerst.	Pleosporaceae	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Sf	3	0.35±0.01 ^e	0.11
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	Mycosphaerellaceae	<i>Wilsonomyces carpophilus</i> (Lév.) Adask., J.M.Ogawa & E.E.Butler.	Po	3	0.35±0.01 ^e	0.13
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Mycosphaerellaceae	<i>Kirramyces epicoccoides</i> (Cooke & Masee) Walker, Sutton & Pascoe.	Sf	20	2.34±0.01 ^d	0.25
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Trichomaceae	<i>Aspergillus niger</i> P.E.L. van Tieghem.	Sf	22	2.58±0.01 ^c	0.38
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Hypocreomycetidae	<i>Tubercularia</i> sp. (Tode) Fr.	Po	49	5.74±0.01 ^b	0.66
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Pleosporaceae	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Sf	58	6.80±0.01 ^a	1.00

Ñ No. de árboles enfermos; *Frecuencia relativa; **Frecuencia absoluta acumulada; Po. Parásito obligado; Sf. Saprobio facultativo; Pf. Parásito facultativo. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas (p ≤ 0.05).

Comportamiento epidemiológico

El porcentaje de F_i de los hongos fitopatógenos respecto a la interacción de los hospederos mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.0001$ y $p \leq 0.05$) (Tabla 3), las diferencias pueden ser por el comportamiento epidemiológico y parasitismo micológico.

Los valores más bajos de infestación se observaron en *A. negundo* subsp. *mexicanum*, *P. serotina* subsp. *capuli*, *F. benjamina*, *P. alba*, *P. persica*, *S. terebinthifolius*, *E. coralloides* y *L. styraciflua* var. *mexicana* en contraste, la curva de mayor crecimiento epidemiológico fue en *U. parvifolia* (Figura 2).

El arbolado con mayor incidencia acumulada por microorganismos fitopatógenos fue *U. parvifolia*, especie que presentó lesiones en forma de manchas foliares en el margen y centro de la hoja, causadas por *Alternaria alternata* de la familia Pleosporaceae del orden Pleosporales (Figura 3).

La dinámica poblacional de las enfermedades con base en la interacción de los fitopatógenos con los hospederos nativos y exóticos expresaron comportamiento heterogéneo, este comportamiento tiende a expresarse cuando las especies forestales son introducidas a un ecosistema forestal diferente al sitio de origen, es decir, cuando las especies exóticas inician el proceso de adaptación a ambientes diferentes (Giraldo-Aristizábal *et al.*, 2022).

En este patosistema se observó que cuando la interacción planta-patógeno es recurrente, la carga microbiológica tiende a expresarse con mayor o menor intensidad sobre el hospedero (Kosman *et al.*, 2019), estos datos también concuerdan con Reséndiz *et al.* (2020), quienes observaron que, durante el parasitismo del hongo fitopatógeno sobre la especie forestal introducida, el microorganismo tiene la

capacidad de causar enfermedad con mayor o menor incidencia y/o severidad. La cresta de la incidencia acumulada por el número de casos registrados en la población forestal fue del 17.46 %, misma que se expresó en el número de árboles enfermos de las especies *E. camaldulensis*, *C. lucitanica* y *U. parvifolia*, datos similares concuerdan con Cervantes *et al.* (2019). El comportamiento epidemiológico de las enfermedades en el arbolado del sitio de estudio expresó la curva epidemiológica en forma ascendente, en una especie nativa y dos exóticas, estos datos concuerdan con Saavedra-Romero *et al.* (2016), quienes mencionan que la dinámica poblacional de las enfermedades en el arbolado de áreas urbanas tiende a ser con mayor frecuencia en las especies introducidas, especialmente cuando el ambiente es diferente al lugar de procedencia. El grado de afectación con base en el número de brotes en las especies arbóreas se vio marcada por *K. epicoccoides*, *A. niger*, *Tubercularia* sp. y *A. alternata* con 2.34, 2.58, 5.74 y 6.80 %, respectivamente, datos similares son reportados por Cibrián *et al.* (2001), en el diagnóstico fitosanitario del Olmo Chino.

A. alternata quien provocó mancha foliar en la periferia y centro de la hoja en *F. benjamina* L. también ha sido reportada por Reséndiz *et al.* (2015) asociado a clorosis de las hojas de *F. uhdei*, con frecuencias hasta del 100 %.

El micromiceto *K. epicoccoides* se detectó causando manchas foliares en haz y envés de las hojas de *E. camaldulensis*, también se observó que causa manchas irregulares de color púrpura en el haz y envés de las hojas (Agris, 2005); la forma de las manchas es angular, de 2 - 10 mm de diámetro (Ainsworth, 2009) (Figura 3) y está delimitada por las nervaduras de las hojas. Dentro de las manchas se presentaron picnidios

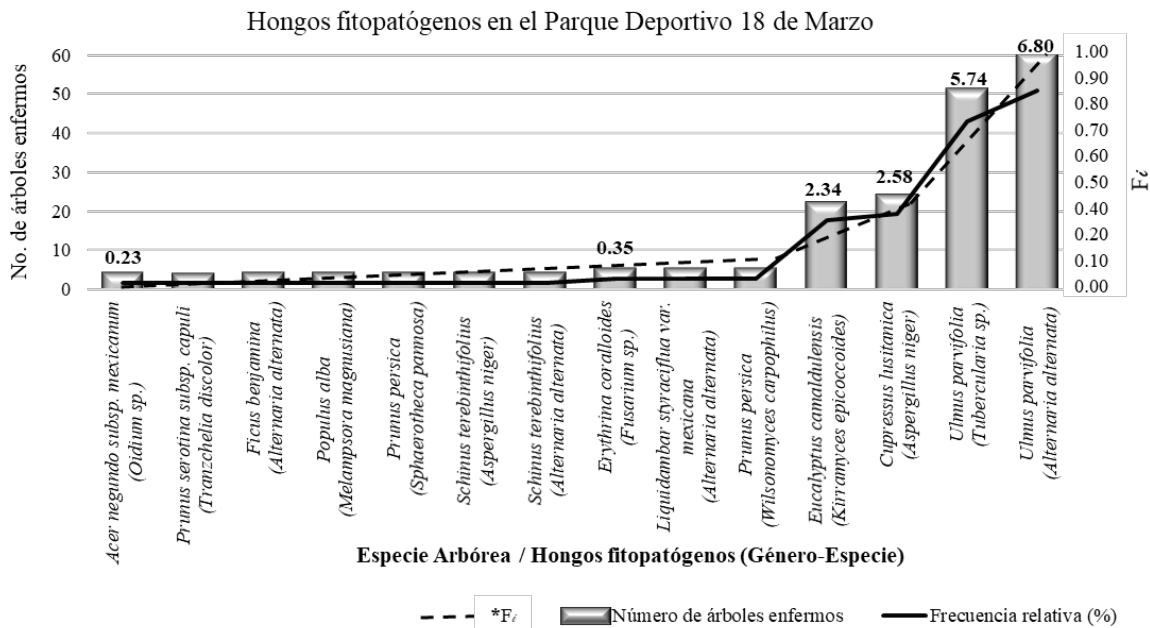


Figura 2. Histograma de incidencia de hongos fitopatógenos presentes en el arbolado del Parque 18 de Marzo de la CDMX, más la curva de *frecuencias relativas acumuladas (F_i) obtenida de datos extraídos y analizados del total de la población arbórea acumulada.

Figure 2. Histogram of incidence of phytopathogenic fungi present in the trees of the Parque 18 de Marzo of CDMX, plus the curve of *accumulated relative frequencies (F_i) obtained from data extracted and analyzed from the total accumulated tree population.

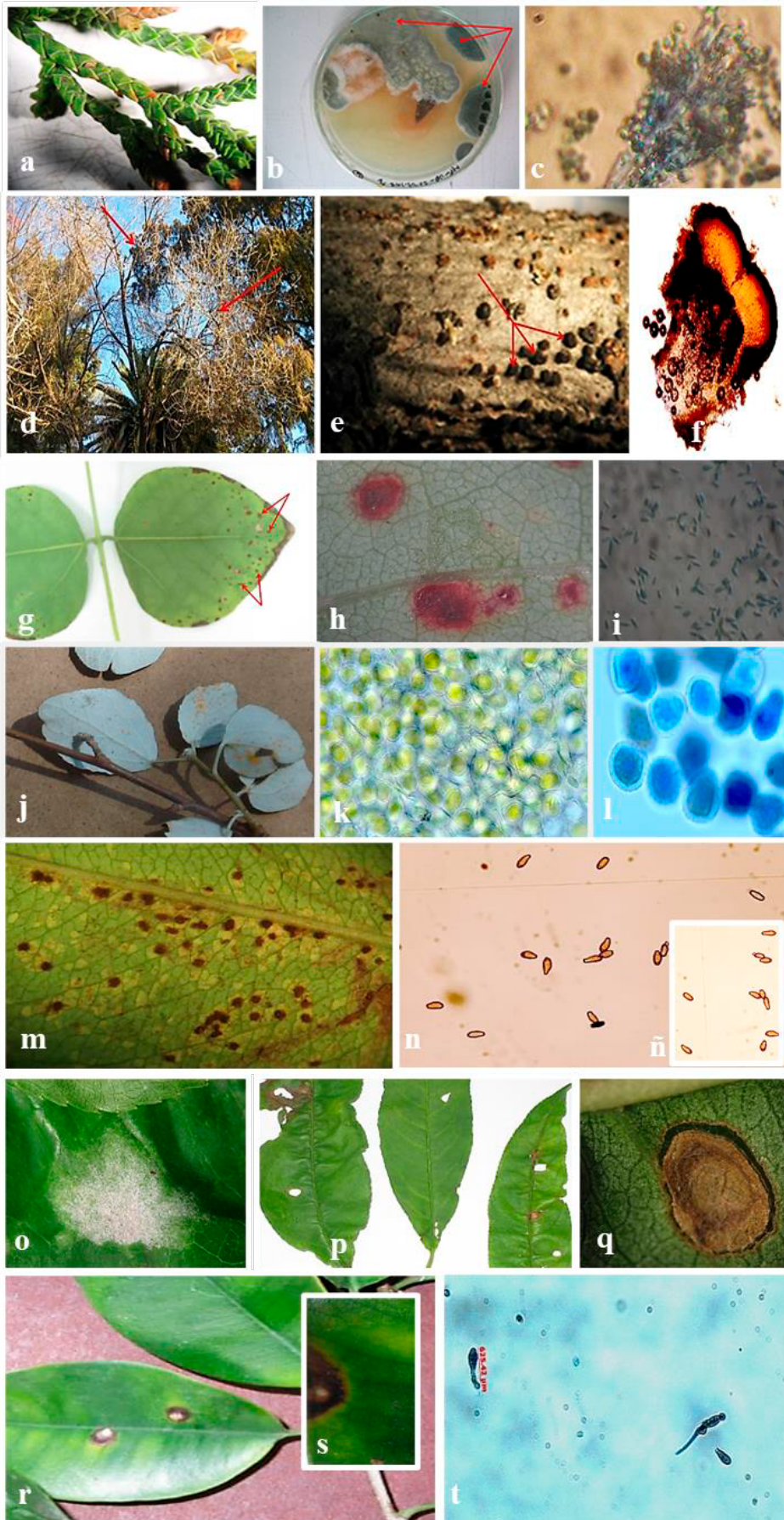


Figura 3. Signos y síntomas causados por hongos fitopatógenos en arbolado de la CDMX. a) Clorosis en bracteos de *C. lusitanica* Mill, b) Colonia de *A. niger* P.E.L. van Tieghem, c) Cuerpos fructíferos de *A. niger* P.E.L. van Tieghem; d) Cancro y muerte en ramas de *U. parvifolia* Jacq., e) Esporodochios en Cancros de *Tubercularia* sp. (Tode) Fr., f) Esporodochio de *Tubercularia* sp. (Tode) Fr. g) Manchas foliares en *E. coralloides* Miller, h) Acercamiento de la colonia de *Fusarium* sp. Schltld. en hoja de *E. coralloides* Miller, i) Microconidios de *Fusarium* sp. Schltld., j) Pústulas de Roya Naranja en *P. alba* L., k) Uredias de *M. magnusiana* Wagner, l) Equinulaciones de las uredias *M. magnusiana* Wagner; m) Roya café-cobrizo en el envés de las hojas en *P. serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh., n y ñ) Uredias de *T. discolor* (Fuckel) Tranzschel & MALitv, o) Cenicilla en hoja de *P. persica* L. causada por *S. pannosa* (Wallr.) de Bary, p y q) Tiro de Munición en *P. persica* L. causado por *W. carpophilus* (Lév.) Adask., J.M. Ogawa & E. E. Butler; r y s) Mancha Foliar Circular en *F. benjamina* L., t) Conidios de *A. alternata* (Fr.) Keissl. Causante de la Mancha Foliar Circular en *F. benjamina* L.

Figure 3. Signs and symptoms caused by phytopathogenic fungi in CDMX trees. a) Chlorosis in bracts of *C. lusitanica* Mill, b) Colony of *A. niger* P.E.L. van Tieghem, c) Fruiting bodies of *A. niger* P.E.L. van Tieghem; d) Canker and death on branches of *U. parvifolia* Jacq., e) Sporodochia on Cancros of *Tubercularia* sp. (Tode) Fr., f) Sporodochium of *Tubercularia* sp. (Tode) Fr. g) Leaf spots in *E. coralloides* Miller, h) Close-up of the colony of *Fusarium* sp. Schltld. on leaf of *E. coralloides* Miller, i) Microconidia of *Fusarium* sp. Schltld., j) Orange Rust pustules on *P. alba* L., k) Uredias of *M. magnusiana* Wagner, l) Echinulations of the uredias of *M. magnusiana* Wagner; m) Copper-brown rust on the underside of the leaves in *P. serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh., n and ñ) Uredias of *T. discolor* (Fuckel) Tranzschel & MALitv, o) Powdery mildew on the leaf of *P. persica* L. caused by *S. pannosa* (Wallr.) de Bary, p and q) Ammunition Shot in *P. persica* L. caused by *W. carpophilus* (Lév.) Adask., J.M. Ogawa & E.E. Butler; r and s) Circular Leaf Spot in *F. benjamina* L., t) Conidia of *A. alternata* (Fr.) Keissl. Cause of Circular Leaf Spot in *F. benjamina* L.

de color negro, globosos, con dimensión de 50 - 130 µm de diámetro (Alexopoulos y Mims, 1985).

En el avance progresivo de los daños de clorosis en brácteas que expresaron los hospederos de *A. niger*, el tejido enfermo mostró estructuras de conidióforos largos, con ápice hinchado, y bajo microscopio se confirmó la cubierta de una o dos series de esterigmas, en donde se forman conidios hialinos, catenulados, globosos u ovals (Alexopoulos y Mims, 1985). El riesgo fitosanitario de este microorganismo en el arbolado de áreas urbanas es la capacidad de propagación y reproducción del hongo, es decir, las condiciones de adaptación del patógeno pueden facilitar la infestación de estructuras cercanas de los hospederos susceptibles (Cibrián-Tovar *et al.*, 2008; Ainsworth, 2009).

La constante aparición de canchros y muerte de tejido del arbolado causado por *Tubercularia* sp. en *U. parvifolia* (Figura 3) es efecto que se expresa de manera periódica en árboles débiles como respuesta de factores diversos asociados al medio en el que se desarrolla la especie (Cibrián *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2022). La formación de este tipo de lesiones, generalmente inician en la primavera, el avance de la enfermedad tiene efecto directo en el tejido de ramas nuevas y, ocasionalmente, en ramas viejas (Alexopoulos y Mims, 1985). La forma del cancro se observó indefinida, oval, incluso prolongada, en ocasiones adoptó patrones con bandas longitudinales (Ainsworth, 2009). De acuerdo con Cibrián (2016) la formación de callos en el margen de las lesiones es usual, con el tiempo la corteza se agrieta, fragmenta y el tejido celular muere. También fue común encontrar de forma dispersa estructuras vegetativas muertas y en algunos casos se desprende del hospedero. Los daños causados por estos hongos con regularidad afectan la calidad y salud del arbolado, y esto ocasiona alteraciones al ambiente, al contribuir de forma recurrente la pérdida de cobertura forestal de la CDMX (PAOT, 2018). La recurrencia de daños en el arbolado fueron manchas foliares en haz y envés de la hoja, clorosis en brácteas, canchros y muerte de ramas, manchas foliares en el margen y centro de las hojas, manchas circulares en las hojas, perforaciones circulares con manchas de color rojo, además de la presencia de cenicillas en el haz de la hoja, roya café-cobrizo, roya amarilla y naranja en el envés de las hojas. La descripción de lesiones que se presentan en el arbolado del Parque 18 de Marzo son una muestra de lo que se manifiesta en los árboles de la CDMX y que puede facilitar el manejo oportuno de las enfermedades a través del reconocimiento de las lesiones causadas por hongos. En este sentido, los efectos patológicos estudiados en las estructuras de los árboles de las áreas urbanas también son mencionados por Cibrián-Tovar *et al.* (2008) y Cervantes *et al.* (2019). La dinámica poblacional de las enfermedades que infestaron la diversidad de especies del arbolado del Parque 18 de Marzo de la CDMX asemejan el comportamiento epidemiológico de las enfermedades reportadas por Cervantes *et al.* (2019) en el arbolado de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec y lo reportado por Reséndiz-Martínez *et al.* (2019) en el Parque

Tezozómoc de la CDMX. Finalmente, la expresión de signos y síntomas causados por hongos fitopatógenos, asociados en el arbolado del sitio de estudio refleja el comportamiento epidemiológico general, presente en las especies nativas e introducidas en parques y jardines de la CDMX, estos datos contribuyen en el conocimiento sobre el estatus que resguardan los bosques de la CDMX, y con ello promover el manejo preventivo de movilización e introducción de especies forestales, como medida precautoria en la que se desconoce la sanidad del material vegetativo.

CONCLUSIONES

En el arbolado de parques y jardines de la Ciudad de México, la biodiversidad de especies forestales es diversa, la población del arbolado nativo que predominó en el Deportivo 18 de Marzo fueron Cedro Blanco (*C. lusitanica* Mill), Fresno (*F. uhdei* (Wenz.) Lingelsh), Yuca (*Y. elephantipes* Regel), Colorín o Zompantle (*E. coralloides* Miller), Ahuehuete (*T. mucronatum* Ten), Ahuejote (*S. bonplandiana* Kunth) y Capulín (*P. serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh). Las especies arbóreas introducidas que predominaron y que expresaron frecuencia más alta fueron Casuarina (*C. equisetifolia* L.), Olmo Chino (*U. parvifolia* Jacq.), Trueno (*L. lucidum* W.T. Aiton), Eucalipto (*E. camaldulensis* Dehn), Palmera (*P. canariensis* Chabaud), Alcanfor (*E. globulus* Labill.), Pirul (*S. molle* L.), Jacaranda (*J. mimosifolia* D. Don) y Duraznero (*P. persica* (L.) Batsch). La frecuencia de daños en el arbolado fue causada por los hongos fitopatógenos *A. alternata*, *Tubercularia* sp., *Aspergillus niger*, *Kirramyces epicoccoides*, *Wilsonomyces carpophilus*, *Fusarium* sp., *Sphaerotheca pannosa*, *Melampsora magnusiana*, *Tranzchelia discolor* y *Oidium* sp. Los síntomas que prevalecieron en haz y envés de las hojas fueron manchas foliares en el margen y centro, clorosis, perforaciones circulares con bordes de color rojo, royas amarilla y naranja en el envés, cenicillas y royas café-cobrizo en el haz de las hojas, canchros y muerte del tejido meristemático en ramas y tejido leñoso. El pico de incidencia acumulada por número de casos registrados con enfermedades causadas por hongos en la población arbórea fue del 17.46 %, con base en número de árboles enfermos. *A. alternata* causó la dinámica poblacional de mayor impacto en el arbolado del Parque 18 de Marzo de la CDMX. La expresión e incidencia de signos y síntomas causados por hongos fitopatógenos, en el arbolado reflejó el comportamiento epidemiológico general, presente en las especies nativas e introducidas en parques y jardines de la CDMX. La identificación de hongos fitopatógenos e incidencia en las especies arbóreas expresó el estatus fitosanitario, que permitirá proponer medidas de manejo integrado de enfermedades en parques y jardines de la CDMX.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th Edition. Elsevier Academic Press, Amsterdam. 64-116 Pp. <https://www.elsevier.com/books/plant-pathology/agrios/978-0-08-047378-9> <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/biologia/FITOPATOLOGIA%20-%20George%20N-Agrios.pdf> (20 de enero de 2021).
- Ainsworth, G.C. 2009. Introduction to the history of micology. Cambridge University Press, London, England. 376p. https://books.google.com.mx/books?printsec=frontcover&vid=LC CN75021036&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Alexopoulos, C.J. y Mims, C.W. 1985. Introducción a la micología. Omega. Barcelona, España. 330p. https://www.academia.edu/34371426/Introducción_A_La_Micolog%C3%ADa_C_Alexopoulos_C_Mims_Omega_1985_pdf
- Apra, A.M. y Murace, M.A. 2019. Problemáticas sanitarias del arbolado. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Argentina. 156p. <https://doi.org/10.35537/10915/82977>
- Balla, A., Silini, A., Cherif-Silini, H., Chenari Bouket, A., Moser, W.K., Nowakowska, J.A., Oszako, T., Benia, F. y Belbahri, L. 2021. The threat of pests and pathogens and the potential for biological control in forest ecosystems. *Forests*. 12: 1579. <https://doi.org/10.3390/f12111579>
- Barnett, H.L. y Hunter, B.B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 4a Edition, Burgess Publishing Co., Minneapolis, U.S.A. 234p. file:///C:/Users/mgrac/Downloads/Illustrated_genera_of_imperfect_fungi_fo.pdf
- Carris, L.M., Little, C.R. y Stiles, C.M. 2012. Introduction to fungi. The Plant Health Instructor. <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/IntroFungi.aspx>
- Cervantes B.M., Ortiz, R.B. y Reséndiz, M.J.F. 2019. Condición fitosanitaria del arbolado de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 6(1): 122-135. https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_1_2019/12%20RMAE_2019-10-Arbolado.pdf
- Cibrián, T.D. Sánchez-Sámamo, J. y Zamudio-Valencia, A. 2001. Diagnóstico fitosanitario del Olmo Chino (*Ulmus parvifolia* JACQ.) en la Delegación Iztacalco de la Ciudad de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias y del Ambiente*. 7(2): 133-138. <https://docplayer.es/29512700-Diagnostico-fitosanitario-del-olmo-chino-ulmus-parvifolia-jacq-en-la-delegacion-iztacalco-de-la-ciudad-de-mexico.html>
- Cibrián-Tovar, D., García, S.D. y Don Juan, B.M. 2008. Manual identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. CONAFOR. Ciudad de México, México. 12-122 Pp. <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/MANUALES%20PROD%20PLANTA%20SANIDAD.pdf> (08 de marzo 2021).
- Cibrián, T.D. 2016. Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. Comisión Nacional Forestal. SEMARNAT. Estado de México, México. 238 p. http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Manuales-Tecnicos/Manual_para_la_identificacion_y_manejo_de_plagas_en_plantaciones_forestales.pdf
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. Manual de sanidad forestal SEMARNAT. Zapopan, Jalisco, México. 76p. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual%20de%20sanidad%20forestal.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2023. Principales indicadores forestales. SEMARNAT, México. <https://snmf.cnf.gob.mx/principalesindicadoresforestalesciclo-2015-2020/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2016. La biodiversidad en la Ciudad de México. CONABIO/SEDEMA. Ciudad de México, México. 350p. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?id=20210831105109>
- Díaz-Núñez, V., Sosa-Ramírez, J. y Macías-Medina, I.P. 2014. Diagnóstico fitosanitario de la vegetación en ecosistemas prioritarios de Aguascalientes, Comisión Nacional Forestal-Secretaría de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes. Aguascalientes, México, México. 84 p. <https://docplayer.es/24342604-Diagnostico-fitosanitario-de-la-vegetacion-en-ecosistemas-prioritarios-del-estado-de-aguascalientes.html>
- García, A.E. 2004. Modificaciones al sistema climático de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 97 p. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Giraldo-Aristizábal, C.I., Mera-Velasco, Y.A., Rivas-Zúñiga, S.C., Muñoz-Lara, D.G., Acosta-Hílamo, L.M., Pérez-Muñoz, M., Villalba-Malaver, J.C. y Ordóñez-Hoyos, A.E. 2022. Evaluación fitosanitaria de *Juglans neotropica* y *Quercus humboldtii* en arbolado urbano de Popayán-Cauca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 46(178): 169-181. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1542>
- Hernández, G.L., Hernández, M.F.R. y Dago, D.Y. 2022. Organismos nocivos en el arbolado urbano en la ciudad de Pinar del Río, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 10(2): 230-243. <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/753> <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v10n2/2310-3469-cfp-10-02-230.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México. INEGI. Ciudad de México, México. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=09> (24 de abril de 2021).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2021. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Consultado [28 de abril de 2023]. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>
- Kosman, E., Chen, X., Dreiseitl, A., McCallum, B., Lebeda, A., Ben-Yehuda, P., Gulyaeva, E. y Manisterski, J. 2019. Functional Variation of Plant-Pathogen Interactions: New Concept and Methods for Virulence Data Analyses. *Phytopathology*. 109: 1324-1330. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-19-0041-LE>
- Márquez, L.J. 2005. Técnicas de Colecta y Preservación de Insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 37: 385-408. <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/7510?show=full>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2018. El estado de los bosques del mundo-Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma, Italia. 153 p. <http://www.fao.org/state-of-forests/2018/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2021. Bosques. Tierras Forestales. Roma, Italia. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GF>

- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México (PAOT). 2018. Las áreas verdes de la Ciudad de México. Gobierno de la CDMX. México. 108p. http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro/3PAOT_AreasVerdes_2018.pdf
- Reséndiz, M.J.F., Guzmán, L.D., Muñoz, A.L.V., Nieto, C.P.P. y Olvera, L.P.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. <https://www.redalyc.org/pdf/634/63442410009.pdf>
- Reséndiz-Martínez, J. F., Guzmán, L.D., Muñoz, A.L.V., Olvera, L.P.C., Pacheco, H. Ma. y Arriola, V.J.P. 2019. Phytophagous mites and insects in the Recreational and Cultural Tezozomoc park trees, Azcapotzalco, Mexico City. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 10(56): 149-173. doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.454>
- Reséndiz, M.J.F., García, L.I.D., Ramón, M.M., Gutiérrez, R.M. y Ruiz, J.D. 2020. Salud forestal del arbolado de la segunda sección del bosque de Chapultepec de la Ciudad de México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 19(36): 137-164. <https://publicaciones.xoc.uam.mx/MuestraPDF.php>
- Riley, M.B., Williamson, M.R. y Maloy, O.C. 2002. Plant disease diagnosis. Spanish translation by José Carlos Ureta R., 2016. The Plant Health Instructor. 10.1094/PHI-I-2002-1021-01 <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/casestudies/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>
- Rodríguez, S.L. y Cohen, E.J.F. 2003. Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Ciudad de México. México. 210-383Pp. file:///C:/Users/Daniel/Downloads/Guaderbolesyarbustosdelazonametropolitanadelacdmx/RodriguezE.Cohen.pdf .
- Rzedowski, G.C. de y Rzedowski, J.R. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), México. 44-1406Pp. https://www.academia.edu/41097296/Flora_fanerog%C3%A1mica_de_M%C3%A9xico
https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf
- Saavedra-Romero, L. de L., Alvarado-Rosales, D., Hernández-de la Rosa, P., Martínez Trinidad, T., Mora-Aguilera, G. y Villacastillo, J. 2016. Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Maderas y Bosques*. 22(2): 15-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61749306012>
- Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). 2018. Inventario de áreas verdes. Gobierno de la Ciudad de México. México. [Consultado 20 diciembre 2023] <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/inventario-de-areas-verdes>
- Sosa, D.L., Méndez, J.G., García, M.A.A., Cambrón, C.S.S., Villarreal, J.Á.Q., Ruiz, C.G.G. y Montoya, J.C.J. 2018. Potential distribution of borers, defoliators, barking beetles and mistletoes in coniferous forests of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(47): 187-208. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.159>
- Shurtleff, M.C. y Averre, C.W. 1997. The plant disease clinic and field diagnosis of abiotic diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. <https://my.apsnet.org/APSSStore/Product-Detail.aspx?WebsiteKey=2661527A-8D44-496C-A730-8CFEB6239BE7&iProductCode=42171>
- Waller, J.M., Ritchie, B.J. y Holderness, M.D. 1998. Plant Clinic Handbook. CAB International, New York, NY, USA. 15-94Pp. https://sfu-primos.hosted.exlibrisgroup.com/primos-explore/fulldisplay/01SFUL_ALMA21162753280003611/SFUL