

# Salud forestal del arbolado de la segunda sección del bosque de Chapultepec de la Ciudad de México

Francisco Reséndiz Martínez,<sup>1</sup> Lucero Isabel García Delgado,<sup>1</sup> Mariana Ramón Mateo,<sup>1</sup> Mónica Gutiérrez Rojas<sup>2</sup> y Daniel Ruiz Juárez<sup>3</sup>.

**Resumen.** Esta investigación estableció las bases sobre el estatus de la salud forestal del arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la CDMX. En 41 especies de 1,845 árboles forestales se realizó análisis botánico, entomológico, microbiológico y dinámica poblacional acumulada por factores abióticos. El estado sanitario forestal se representó por árboles sanos (40.49%), dañados por factores bióticos (33.98%), abióticos (23.14%) y muertos en pie (2.38%). La epidemia de la población forestal fue causada por insectos (50%), ácaros (16.66%), microorganismos (16.66%) y plantas parásitas (16.66%). Las especies forestales más susceptibles a la infestación de agentes biológicos fueron *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus radiata*, *Fraxinus uhdei*, *Cupressus benthamii*, *Prunus pérsica* y *Populus x canadensis*, causados por *Glycaspis brimblecombei*, *Chionaspis* sp., *Tropidosteptes chapingoensis*, *Allonychus* sp., *Tranzschelia* sp. y *Cladoclea* sp. respectivamente. La dinámica poblacional acumulada por factores abióticos de la población forestal fue causada por raíz expuesta, erosión, estrés hídrico-resinación, vandalismo y manejo forestal. Las especies con mayor índice de afectación por factores abióticos fueron *Cupressus* sp., *Acacia* sp., *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp., *Prunus* sp., *Ligustrum lucidum*, *Casuarina equisetifolia*, *Erithrina coralloides*, *Eriobotrya japónica*, *Schinus terebenthifolius* y *Ulmus parviflora*.

**Palabras clave:** Salud forestal, factores bióticos-abiótico, dinámica poblacional acumulada.

<sup>1</sup> Cenid-Comef/Inifap.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Producción Agrícola y Animal, México.

<sup>3</sup> Autor de correspondencia, e-mail: druijuarez@yahoo.com.mx..

**Abstract.** This research established the basis on the status of forest health of the forest population of the second section of the Bosque of Chapultepec of the CDMX. In 41 species of 1,845 forest trees, were carried out analysis botanical, entomological, microbiological and population dynamics accumulated by abiotic factors. The forest health status was represented by healthy trees (40.49%), damaged by biotic (33.98%), abiotic factors (23.14%) and standing dead (2.38%). The epidemic of the forest population was caused by insects (50%), mites (16.66%), microorganisms (16.66%) and parasitic plants (16.66%). The forest species most susceptible to the infestation of biological agents were *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus radiata*, *Fraxinus uhdei*, *Cupressus benthamii*, *Prunus persica* and *Populus x canadensis* caused by *Glycaspis brimblecombei*, *Chionaspis* sp., *Tropidos- teptes chapingoensis*, *Allonychus* sp., *Tranzschelia* sp. and *Cladocolea* sp. respectively. Population dynamics accumulated by abiotic factors of the forest population were caused by exposed root, erosion, water stress-resination, vandalism and forest management. The species with the highest rate of affectation due to abiotic factors were *Cupressus* sp., *Acacia* sp., *Pinus* sp.; *Eucalyptus* sp., *Prunus* sp., *Ligustrum lucidum*; *Casuarina equisetifolia*; *Erithrina coralloides*, *Eriobotrya japoni- ca*, *Schinus terebenthifolius* and *Ulmus parviflora*.

**Keywords:** Forest health, biotic-abiotic factors, accumulated population dynamics.

## INTRODUCCIÓN

El uso sustentable de los recursos naturales es una actividad de prioridad mundial (FAO, 2018), en este sentido, las zonas boscosas y el recurso maderable otorgan beneficios a la humanidad, en particular, al fortalecer la flora y fauna con la generación de oxígeno, agua y suelo, por lo que es prioritario atender las áreas verdes o zonas de bosque, quienes a gran escala son generadores de vida (Del Valle, 2014).

Con los constantes cambios de uso de suelo, las comunidades forestales se ven afectadas, y con ello la pérdida de hábitats invaluableles por la degradación de la capa arable, la erosión del suelo, la disminución del agua y la constante liberación de carbono al ambiente (FAO, 2018). En la actualidad, el aumento de la zonas urbanas y la reducción de la superficie forestal es unos de los mayores retos, por ello, para valorar la relevancia de los bosques y el arbolado es necesario atender las demandas de los bosques sin descuidar su integridad (Velasco *et al.*, 2003; Sánchez, 2016). En 2015, la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, coordinada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), determinó que el porcentaje de tierras forestales en el mundo disminuyó 30.6% (FAO, 2018). En México 70% del territo-

rio se encuentra cubierto con vegetación forestal, 138 millones de hectáreas (ha) (DOF, 2014). En este sentido, la Ciudad de México incentiva a la regeneración de bosques en zonas erosionadas y en otros casos a la conservación de los mismos (Velasco *et al.*, 2013; Sheinbaum, 2017; Gobierno de la República, 2018).

En el caso preciso de bosques que tienen una trayectoria histórica, cultural, recreativa, como el Bosque de Chapultepec (Benavides y Fernández, 2012), son áreas verdes que están expuestas al deterioro ambiental que se propicia por la falta de agua y la constante llegada de turistas, quienes indirectamente causan agresión física, erosión y compactación del suelo, además de la interacción de plagas y enfermedades en el arbolado (Conafor, 2015). En 1978, la oficina de la Coordinación del Bosque levantó un inventario del arbolado ubicado en el área “Las Flores” hasta “Los Pinos”, donde se observó que 98% de la población de 482 árboles evaluados presentaron daños físicos, mecánicos y biológicos, entre las que destacaron chinches (Hemiptera), cicadélidos y pulgones (Homoptera), así como coleópteros, cerambícidos y ácaros fitófagos (Gutiérrez y Muñiz, 1984). En este contexto, el Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, de la Universidad Autónoma de México, llevó a cabo un estudio sobre el estado actual que resguarda el arbolado del bosque de Chapultepec (PUEC-UNAM, 2002), sin embargo, los resultados generados no han alcanzado difusión general y no son del conocimiento público. En este sentido, Gutiérrez y Muñiz (1984) reportaron que el arbolado, del Bosque de Chapultepec ha sufrido severos daños a la salud de las especies forestales que componen a esta población; las agresiones fueron causadas por plagas y enfermedades, debido a la diversidad de forestales susceptibles introducidas, aunado al hecho de no considerar los requerimientos para el establecimiento y desarrollo del arbolado, así como la construcción de avenidas pavimentadas que impiden los escurrimientos a las áreas con arbolado y la compactación del suelo originado por los cientos de visitantes que lo frecuentaban, todo lo cual dificulta la infiltración del agua y, por consiguiente, su falta de disponibilidad hacia las raíces, así mismo el que existieran áreas con alta densidad de plantación donde aumenta la competencia por espacio, suelo, nutrientes, oxígeno y agua (Conafor, 2010).

A finales de los 90 y principios de la década del 2000, la Dirección de Servicios Urbanos y Educación Ambiental del Distrito Federal diagnosticó que de 101 642 árboles valorados, 83.8% fueron positivos a la conchuela del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*) (Semarnat, 2002; Romo *et al.*, 2007), misma que causó afectaciones hasta de 90% en la población de eucaliptos de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec (SMA, 2004; Sheinbaum, 2017).

En el Bosque de Chapultepec, las condiciones y características físicas, ambientales y de vegetación que se presentan en este artículo son con el fin de instituir las actividades de manejo que requiere esta importante área verde urbana y, con ello, asegurar la permanencia y conservación del arbolado, así mismo que los habitantes de esta metrópoli y de otros estados continúen disfrutando esta trascendente área boscosa. En este contexto, el objetivo de esta investigación estableció las bases sobre salud forestal del arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Bosque de Chapultepec se localiza en la zona de lomeríos al poniente de la Ciudad de México en la alcaldía Miguel Hidalgo, entre los paralelos 19°23'40" y 19°25'45" de latitud norte y los meridianos 99°10'40" y 99°14'15" de longitud oeste (INEGI, 2017). El clima, de acuerdo a Köppen modificado por García (1988), se clasifica como C(w1)(w)(i)g, es decir, templado subhúmedo con lluvias en verano (700 mm a 1100 mm), temperatura anual de 12 °C y 18 °C, con poca oscilación anual entre las temperaturas medias del mes más frío y del mes más caliente (entre 5 °C y 7 °C) y humedad relativa del 43 y 55 (INEGI, 2016). El Arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec correspondió a 38 825 individuos de tipo leñoso (Inifap-DBCh, 2009).

## METODOLOGÍA

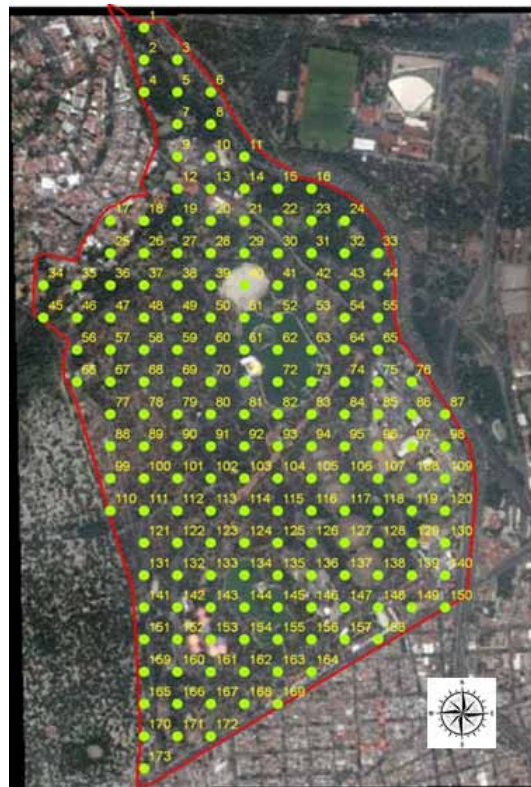
### Muestreo sistemático

Los datos de campo se obtuvieron de diciembre del 2008 a mayo del 2009, y la información registrada a nivel de unidad de muestreo fue: fecha, número de sitio, coordenadas UTM, número de árbol con base en la asignación previa en el inventario y especie arbórea preponderante en el sitio (Benavides y Fernández, 2012).

Se utilizó una retícula de puntos (173), tomando como base una imagen georeferenciada de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec (Figura 1) (Benavides y Fernández, 2012), donde se realizó una selección aleatoria del primer elemento para la muestra, seguida de la selección de los elementos posteriores, utilizando intervalos fijos

(Márquez, 2005; Mellado, 2017) hasta alcanzar el tamaño de la muestra homogénea. Los puntos referidos marcaban el centro de las unidades de muestreo que, en este caso, consistieron en sitios circulares de 500 m<sup>2</sup> (12.62 metros de radio), equidistantes uno de otro por 100 m, y definidos por coordenadas UTM (X e Y). Las unidades se localizaron en las zonas de trabajo mediante un geoposicionador marca Garmin, modelo Global Positioning System (GPS)<sup>®</sup> 12XL con un error menor a 10 metros.

**Figura 1. Retícula de puntos de muestreo (173 sitios) en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec, de la Ciudad de México (Benavides y Fernández, 2012)**



## Muestreo patológico

Por sitio de muestreo se realizaron observaciones en el fuste y en la copa del arbolado, en este sentido, se tomaron muestras del arbolado en donde se presentaron alteraciones fisiológicas como marchitez, clorosis, quemaduras, necrosis, pigmentaciones, moteados,



mosaicos. Las lesiones que se colectaron de la estructura de los árboles fueron las evidentes en hojas, brotes y parte leñosa (Díaz, 2014). En este contexto, se realizó un análisis *in-situ* de los posibles agentes causantes de los daños en el arbolado, mismo que se basó en la consulta de literatura especializada y manuales de diagnóstico fitosanitario de campo (FAO, 2006; Díaz, 2014; Cibrián, 2016); por sitio se estableció un rango de infección e infestación de la enfermedad. Se registraron las variables: etapa fenológica del hospedero, clasificación de la enfermedad. Por especie forestal enferma se colectaron tres muestras por síntoma; a partir de la lesión, las muestras se tomaron con 50% de grado de avance de la enfermedad y 50% de tejido con apariencia sana, la muestra se colectó con equipo de seguridad previamente esterilizado; en el follaje, se tomaron hojas y brotes completos con tijeras de corte. El corte de tejido leñoso se realizó con navaja y serrote. Las muestras se conservaron en bolsas de polietileno estériles, se etiquetaron y se preservaron a 4°C hasta su análisis microbiológico (Cibrián, 2016).

### **Muestreo entomológico**

En las especies forestales donde se observó la interacción de parasitismo por entomofauna fitófaga se asociaron signos (indicadores directos del agente causal del problema, como estados larvales, huevecillos, mordeduras al follaje, defoliación, galerías en la corteza y presencia de heces) (Villa, 2010; Díaz, 2014, Cibrián, 2016), también se registraron los síntomas del hospedero (presencia de signo de marchitez, clorosis, quemaduras, necrosis, pigmentaciones, moteados, mosaicos), y las muestras de artrópodos vivos se colectaron con pinzas de disección, agujas entomológicas, alfileres entomológicos, red entomológica, pinceles del número cero y uno. Se tomaron tres muestras por ejemplar, los especímenes se conservaron en frascos entomológicos etiquetados y se preservaron en alcohol al 75% hasta su análisis entomológico (Márquez, 2005).

### **Muestreo botánico**

Para la determinación del hospedero se colectaron muestras de follaje. Se cortaron hojas, ramas y estructuras vegetales en floración, las muestras se preservaron en prensa hasta su análisis botánico.

## **Análisis microbiológico, entomológico y botánico**

Los estudios se realizaron en el Laboratorio de Fitopatología y Entomología de Salud Forestal y Herbario, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales Cenid-Comef del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

## **Aislamiento de microorganismos patógenos**

Las muestras que presentaron lesiones en las hojas de arboles o acículas de los pinos se observaron directamente al microscopio estereoscópico Carl Zeiss® para detectar evidencias de estructuras fúngicas. La caracterización de los organismos se basó en el aislamiento directo de las estructuras en laminillas temporales, se tiñeron con azul de algodón-lactofenol y se observaron bajo microscopio óptico Carl Zeiss® con el objetivo 10X y 40X, la determinación taxonómica se basó en el uso de manuales y claves taxonómica especializadas (Barnett y Hunter, 1972; Alexopoulos *et al.* 1996; Cibrián, 2016).

A partir del material enfermo, se seleccionaron muestras del tejido vegetal de la zona de avance de la enfermedad a la zona asintomática y se realizaron cortes de 0.5-1 cm<sup>2</sup>. Los cortes se lavaron y desinfectaron por tres ciclos con hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto, seguido de tres enjuagues con agua destilada estéril, cinco fracciones se colocaron en placas con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) con tres repeticiones, también se realizaron asilamientos cámara húmeda. En caja Petri estéril se colocó papel filtro estéril como base y se apostaron portaobjetos de vidrio estéril, sobre los portaobjetos se depositaron las muestras blanco, además a la base de la caja se adicionó agua destilada estéril con glicerina (concentración 1:1) para mantener la humedad en la cámara y estimular el desarrollo de la microbiota, los aislados se mantuvieron en obscuridad total a temperatura constante de 28°C y las valoraciones se realizaron en intervalos de 24 horas hasta la esporulación (Cibrián, 2016).

A partir del crecimiento de la microbiota se realizaron purificaciones de las diferentes colonias desarrolladas. Se realizó la descripción morfológica de las colonias presentes en los medios de cultivo y cámaras húmedas. Los especímenes desarrollados se identificaron con manuales y claves taxonómicas especializadas (Barnett y Hunter, 1972; Alexopoulos *et al.* 1996; Cibrián, 2016).

## Identificación entomológica

Las muestras entomológicas se preservaron en refrigeración, enseguida cada espécimen se aisló bajo microscopio estereoscópico Carl Zeiss®, se limpió de impureza; finalmente, las muestras se dispusieron para separar por orden entomológico. Los especímenes se separaron en adultos y estado larvales. La determinación taxonómica de los ejemplares se realizó con el uso de claves taxonómicas especializadas (Morón y Terrón, 1988; Márquez, 2005; Cibrián, 2016).

## Dinámica poblacional forestal acumulada

La dinámica se determinó con la sumatoria de la especie forestal afectada por género, y la incidencia se calculó con la dinámica poblacional forestal acumulada con la siguiente fórmula:

Dinámica poblacional forestal acumulada por género X 100

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Dinámica poblacional forestal acumulada por género X 100}}{\text{El total de la poblacional forestal acumulada}}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estatus fitosanitario del arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

Con base en la retícula de puntos de muestreo (Figura 1), sólo se utilizaron 107 sitios, debido a que 38% de los sitios restantes se situaron en calles, fuentes, construcciones, lagos o instalaciones recreativo-culturales. A partir de la distribución aleatoria (62%), se muestrearon 1 845 árboles forestales de 41 especies (Tabla 1). El arbolado estuvo constituido por 28 géneros, de los cuales cuatro especies correspondieron al género *Eucalyptus* (10%); al género *Acacia* (7.5%), *Cupressus* (7.5%) y *Pinus* (7.5%), asimismo dos más al género *Populus* (5%), *Prunus* (5%) y *Schinus* (5%); además 52.5% estuvo representado por 21 especies de diferentes forestales (Figura 1).

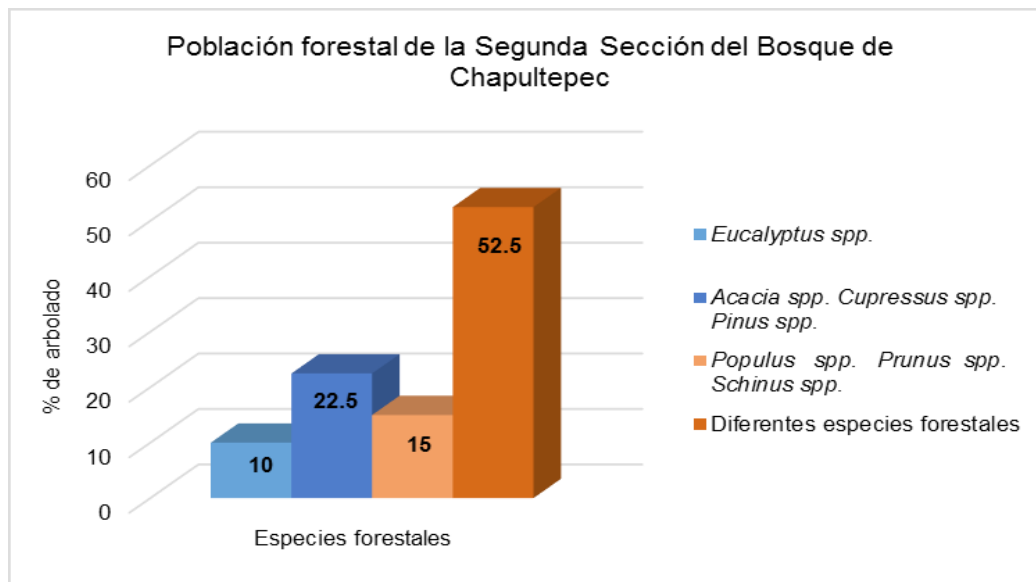


Tabla 1. Población forestal con porcentaje de árboles dañados por factores bióticos y abióticos de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México

Especie	Arbolado por especie	Población afectada por factores bióticos	Especies afectadas por factores bióticos (%)	Población afectada por factores abióticos	Especies afectadas por factores abióticos (%)
<i>Acacia dealbata</i> Link	1	0	0	0	0
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	3	0	0	2	66.67
<i>Acacia retinoides</i> Schlttl.	7	0	0	2	28.57
<i>Alnus acuminata</i> var. <i>Arguta</i> Kunth	1	0	0	0	0
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	1	0	0	0	0
<i>Acer negundo</i> L.	1	0	0	0	0
<i>Buddleja cordata</i> var. <i>Cordata</i> Kunth	2	0	0	0	0
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	88	0	0	31	35.23
<i>Crataegus mexicana</i> DC.	2	0	0	0	0
<i>Cupressus benthamii</i> Mill.	49	15	30.61	19	38.78
<i>Cupressus lusitánica</i> Mill.	49	4	8.16	28	57.14
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	29	0	0	12	41.38
<i>Eriobotrya japónica</i> (Thunb.) Lindl.	6	0	0	1	16.67
<i>Erithrina coralloides</i> DC.	5	0	0	1	20
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	556	386	69.42	134	24.10
<i>Eucalyptus polyanthemos</i> Schauer	3	0	0	0	0
<i>Eucalyptus robusta</i> SM.	9	3	33.33	1	11.11
<i>Eucalyptus tereticornis</i> SM.	2	0	0	0	0
<i>Ficus microcarpa</i> L.F.	1	0	0	0	0
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	454	113	24.89	66	14.54
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	2	0	0	0	0
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	31	0	0	0	0
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	266	21	7.89	86	32.33
<i>Oreopanax peltatus</i> Linden	1	0	0	0	0
<i>Persea americana</i> Mill.	2	0	0	0	0
<i>Phoenix canariensis</i> Hort. ex Chabaud	21	0	0	0	0
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	4	3	75	1	25
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttl. & Cham.	3	1	33.33	0	0
<i>Pinus radiata</i> D.Don	94	54	57.45	36	38.30

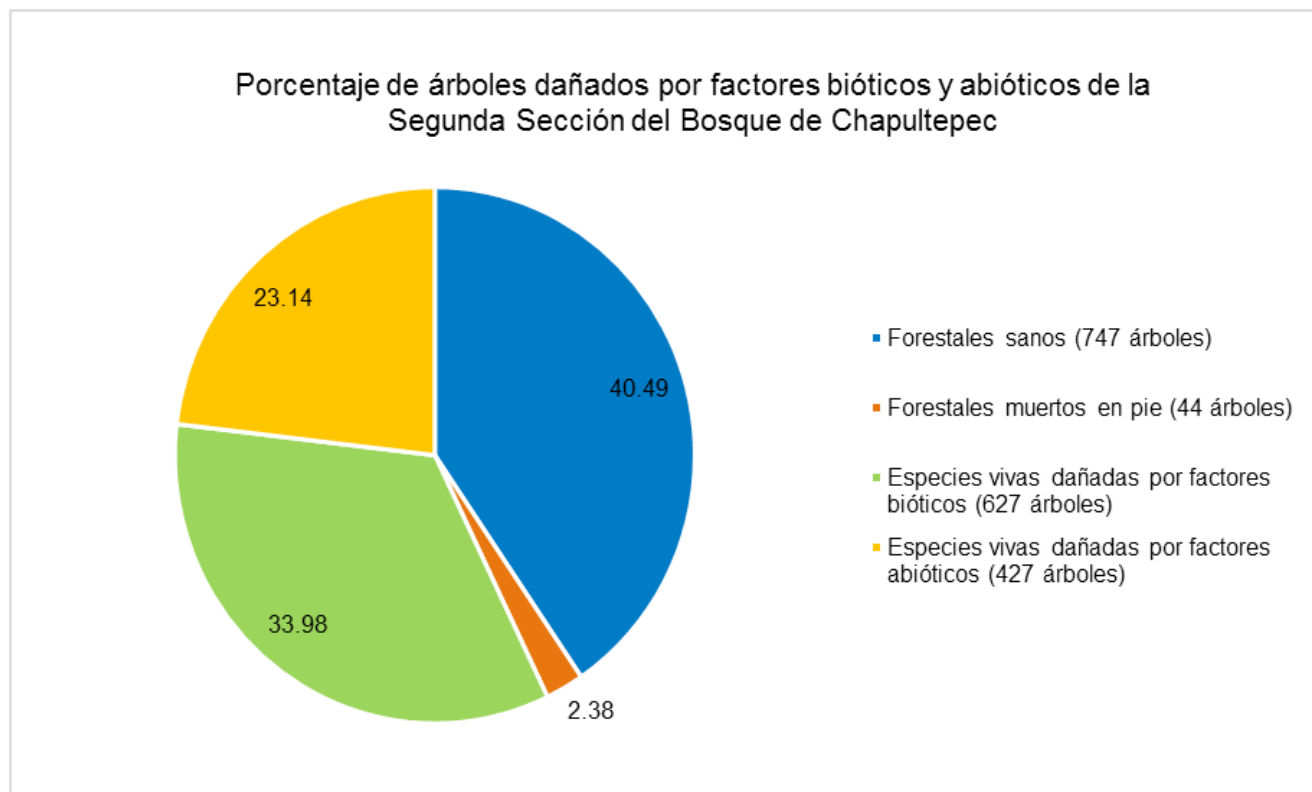
<i>Populus alba</i> L.	7	0	0	0	0
<i>Populus x canadensis</i> Moench	13	9	69.23	1	7.69
<i>Prunus pérsica</i> (L.) Stokes, Batsch	15	10	66.67	2	13.33
<i>Prunus serotina</i> var. <i>Capulí</i> Ehrh.	5	0	0	1	20
<i>Pyrus communis</i> L.	2	0	0	0	0
<i>Quercus rugosa</i> Née	1	0	0	0	0
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	1	0	0	0	0
<i>Schinus molle</i> Raddi	12	6	50	1	8.33
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2	0	0	1	50
<i>Ulmus parviflora</i> Jacq.	15	0	0	1	6.67
<i>Washingtonia filifera</i> (Lindl.) H.Wendl.	2	0	0	0	0
<i>Yucca elephantipes</i> Baker in Regel	33	2	6.06	0	0

Figura 1. Porcentaje forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México



A partir de la población forestal total, se censaron 2.38% de árboles muertos en pie; referente al arbolado vivo, 40.49% no presentó afectación patológica, sin embargo, 33.98% presentaron daños causados por factores bióticos y 23.14% de la población mostraron deterioro por factores abióticos (Tabla 1, Figura 2).

Figura 2. Estatus sanitario del arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México

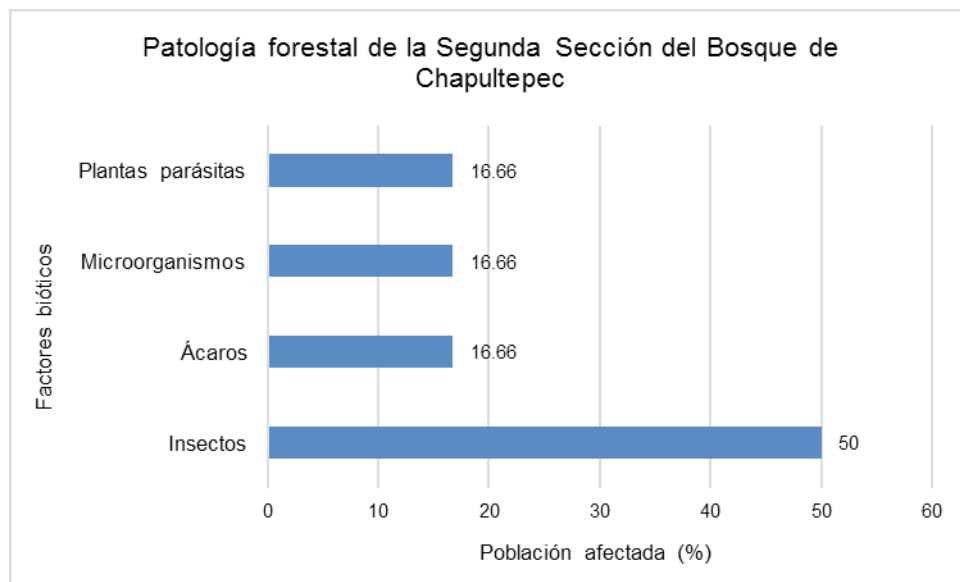


### Diagnóstico fitosanitario

La población forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec manifestó incidencias causadas por insectos y ácaros con picos de 50% y 16.66%, respectivamente, además de microorganismos (16.66%) y plantas parásitas (16.66%) (Tabla 1, Figura 3). La frecuencia de plagas se debió a las especies de los insectos *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) (FAO, 2006); *Tropidosteptes chapingoensis* (Hemiptera: Miridae) (Fonseca-González *et al.*, 2007); *Hylesinus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) (Martínez-Trejo *et al.*, 2016; University of Georgia, 2018); *Stenomacra marginella* (Hemiptera: Largidae) (Báez-Santacruz *et al.*, 2013; University of Georgia, 2018); *Chionaspis* spp. (Hemiptera: Diaspididae) (Kirsten *et al.*, 2005; University of Georgia, 2018); *Phloeosinus* spp. (Coleoptera: Curculinidae) (Tórres y Sánchez, 2006); asimismo de los ácaros *Oligonychus* spp. (Acari: Tetranychade) (Bolland *et al.*, 1998) y *Allonychus* spp. (Acari: Tetranychade) (Bolland

et al. 1998); también por los microorganismos *Tranzschelia* spp. (Reséndiz et al., 2015) y *Guignardia* spp. (Reséndiz et al., 2015) causantes de enfermedades; además de la planta parásita Muérdago Verdadero o Injerto *Cladocolea* spp. (Loranthaceae) (Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero, 2005) y la epífita Heno *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae) (Scatena y Segecin, 2005) (Tabla 2). Asimismo, Zaragoza et al. (2015) mencionan que la salud forestal está influenciada por factores bióticos como insectos y ácaros, quienes afectan el vigor y la productividad, misma que se manifiesta por síntomas en el arbolado.

**Figura 3. Epidemiología de la población forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México**



Con base en la infestación acumulada en el arbolado forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México (Tabla 2), las plagas de insectos y ácaros del género *Chionaspis* sp.; *Glycaspis brimblecombei*; *Tropidosteptes chapingoensis* y *Allonychus* sp. predominaron en el estado fitosanitario de la población forestal con incidencia acumulada de 29.61, 18.96, 4.59 y 6.40%, respectivamente (Figura 4). Asimismo, *Tranzschelia* sp. fue el único microorganismo presente en la infestación acumulada con incidencia de 12.30%, finalmente, la planta parásita *Cladocolea* sp. acumuló 12.78% de infestación en el arbolado.

## Incidencia de factores bióticos por especie forestal

Los hospedantes más susceptibles a la infestación de agentes biológicos fueron *E. camaldulensis* con infestaciones de 69.4%, seguido de *P. radiata* y *F. uhdei* con incidencia de 52.13 y 24.9%, respectivamente (Tabla 2). Es importante señalar que las dos primeras especies son las que más se han utilizado en programas de reforestación para la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec (Sheinbaum, 2017). En este sentido *E. camaldulensis* es altamente susceptible al ataque del Psílido del Eucalipto (*G. brimblecombei*) (FAO, 2006), asimismo *F. uhdei* es atacado por la Chinche (*T. chapingoensis*), sin embargo, el parasitismo de este insecto succionador de savia no produce daños que lleguen a devastar al hospedero en un breve periodo de tiempo, aun cuando las infestaciones sean altas (Fonseca-González *et al.*, 2007). También *P. radiata* fue atacado por la escama (*Chionaspis* sp.) (Kirsten *et al.*, 2005), este hemíptero es un succionador de savia, sin embargo, tampoco causa daños severos, pero sí favorece la susceptibilidad al ataque de agentes de microorganismos patógenos (Cibrián *et al.*, 2007; Cibrián, 2016) (Tabla 1).

**Tabla 2. Población forestal con porcentaje de árboles dañados por factores bióticos de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México**

Especie Forestal	<sup>5</sup> Arbolado total	Arbolado forestal dañado	Agente causal	Especie forestal afectada (%)	<sup>6</sup> Dinámica poblacional forestal acumulada	Incidencia (%)
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	88	3	<sup>4</sup> <i>Tillandsia</i> sp.	3.41	3.41	0.63
<i>Cupressus benthamii</i> Mill.	49	15	<sup>2</sup> <i>Allonychus</i> sp.	30.61	34.69	6.40
<i>Cupressus lusitánica</i> Mill.	49	2	<sup>2</sup> <i>Allonychus</i> sp.	4.08		
<i>Cupressus lusitánica</i> Mill.	49	2	<sup>1</sup> <i>Phloeosinus</i> sp.	4.08	4.08	0.75
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	556	386	<sup>1</sup> <i>Glycaspis brimblecombei</i>	69.42	102.75	18.96
<i>Eucalyptus robusta</i> SM.	9	3	<sup>1</sup> <i>Glycaspis brimblecombei</i>	33.33		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	454	113	<sup>1</sup> <i>Tropidosteptes chapingoensis</i>	24.89	24.89	4.59

<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	454	11	<sup>1</sup> <i>Hylesinus</i> sp.	2.42	2.42	0.45
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	454	18	<sup>1</sup> <i>Stenomacra marginella</i>	3.96	3.96	0.73
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	266	21	<sup>1</sup> Lepidoptera:Saturniidae	7.89	7.89	1.46
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	4	3	<sup>1</sup> <i>Chionaspis</i> sp.	75.0	160.46	29.61
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	3	1	<sup>1</sup> <i>Chionaspis</i> sp.	33.33		
<i>Pinus radiata</i> D.Don	94	49	<sup>1</sup> <i>Chionaspis</i> sp.	52.13		
<i>Pinus radiata</i> D.Don	94	5	<sup>2</sup> <i>Oligonychus</i> sp.	5.32	5.32	0.98
<i>Populus x canadensis</i> Moench	13	9	<sup>4</sup> <i>Cladocolea</i> sp.	69.23	69.23	12.78
<i>Prunus pérsica</i> (L.) Stokes, Batsch	15	10	<sup>3</sup> <i>Tranzschelia</i> sp.	66.67	66.67	12.30
<i>Schinus molle</i> Raddi	12	6	<sup>1</sup> <i>Calophya</i> sp.	50	50	9.23
<i>Yucca elephantipes</i> Baker in Regel	33	2	<sup>3</sup> <i>Guignardia</i> sp.	6.06	6.06	1.12

<sup>1</sup>Insectos, <sup>2</sup>Ácaros, <sup>3</sup>Microorganismos, <sup>4</sup>Plantas parásitas.

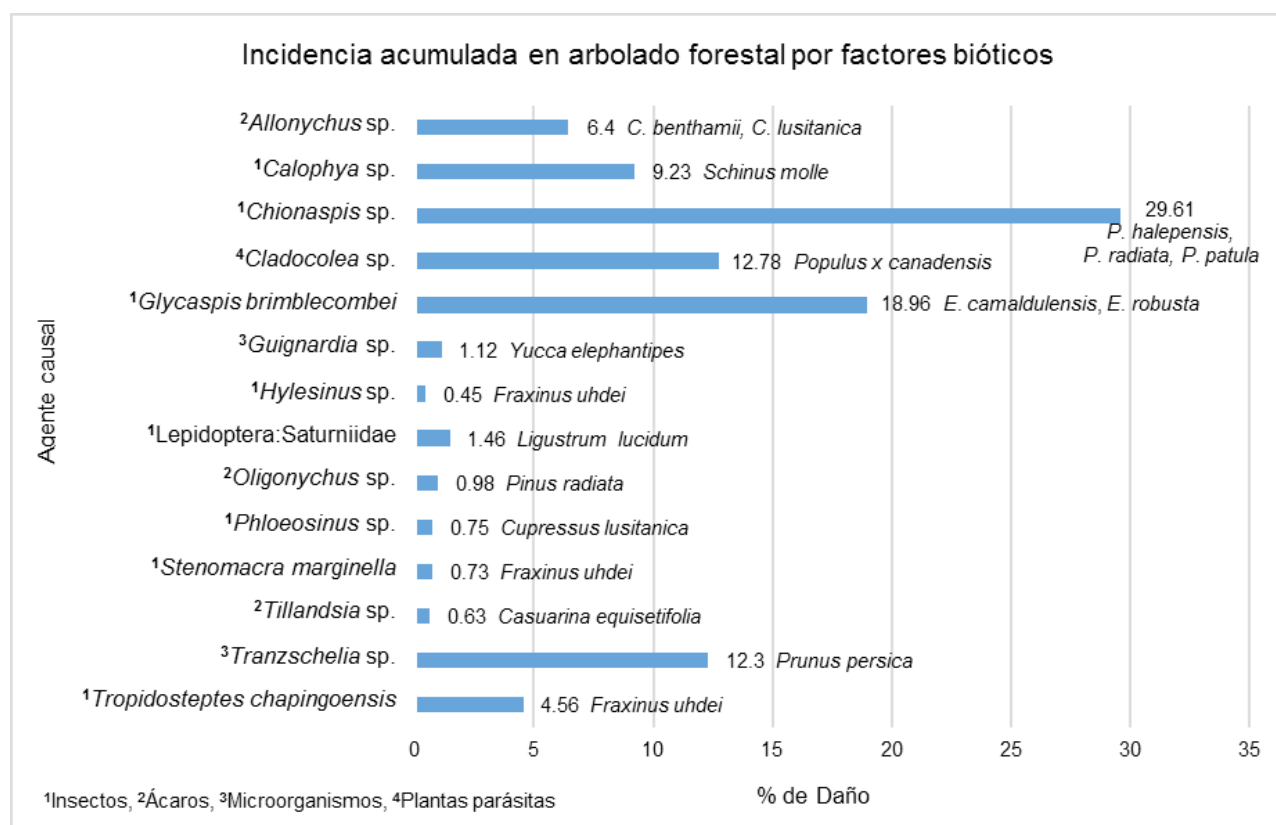
<sup>5</sup>Tabla 1. Población forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México.

<sup>6</sup>Sumatoria de especie forestal afectada por género.

<sup>7</sup>Dinámica poblacional forestal acumulada por género X 100/el total de la poblacional forestal acumulada (541.83).



**Figura 4. Dinámica poblacional de insectos, ácaros, microorganismos y plantas parásitas en especies forestales de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México**



El porcentaje de infestación del psílido (*G. brimblecombei*) en eucalipto (*E. robusta*) fue menor a la incidencia en eucalipto rojo (*E. camaldulensis*) (Tabla 2). Este hemíptero es una de las principales plagas presentes en los eucaliptos de la Ciudad de México; las infestaciones de esta plaga afectan al hospedero a partir del estado ninfal; los hábitos alimenticios afectan al árbol al succionar la savia de las hojas (FAO, 2006; Cibrián, 2016; Sheinbaum, 2017). Las ninfas son las que provocan el mayor daño, y una vez que éstas empiezan a alimentarse secretan una sustancia azucarada con la cual construyen un cono blanco, donde quedarán protegidas hasta transformarse en adulto (Cibrián, 2016; Sheinbaum, 2017). El ataque de este insecto provoca pérdida de follaje, reducción del crecimiento y disminución del vigor de los árboles, quienes quedan expuestos al parasitismo de otros insectos (FAO, 2006). Posterior al daño provocado por *G. brimblecombei* en el árbol se incre-

mentaron las defoliaciones. Casos similares fueron observados por Romo *et al.* (2007). En consecuencia, de acuerdo con el grado de avance de la infestación, inicia la muerte descendente en ramas y más tarde la pérdida del hospedero (Cibrián, 1995). En este sentido, Sheinbaum (2017) afirma que bajo condiciones favorables la plaga causa infestaciones con epidemias hasta de 90 % en *Eucalyptus* spp.

En fresno (*F. uhdei*), la principal plaga que afectó al arbolado de esta especie fue la Chinche (*T. chapingoensis*), misma que atacó un considerable número de ellos (Tabla 2). Este hemíptero es reconocido como una de las plagas más frecuentes en México, mismo que destaca por presentar características de ser un insecto con aparato picador-chupador de savia (Fonseca-González *et al.*, 2007), específicamente en fresno se encontraron incidencias hasta de 24.9 % del arbolado. Los daños se reconocieron por la presencia de puntos cloróticos que corresponden a las áreas en las que se extrajo el líquido o conforme avanza el ataque la cantidad de puntuaciones es mayor y, en infestaciones severas, las áreas cloróticas pueden ocupar la mayor parte de las hojas, estos datos concuerdan con lo reportado por Fonseca-González *et al.* (2007), quienes afirman que a consecuencia del daño se presenta separación temprana de la hoja y, con ello, defoliación prematura y pérdida del valor estético del árbol, además Cibrián (1995) menciona que estos insectos son más dañinos en árboles debilitados por estrés hídrico.

En los fresnos también se detectó la presencia del descortezador *Hylesinus* sp. afectando directamente ramas y tallos. La magnitud del daño causado por el coleóptero en el arbolado provocó incidencias de 2.4 %; de acuerdo a Martínez-Trejo *et al.* (2016) este tipo de escolítidos con hábitos de barrenar y descortezar ramas y tallos, y con fines de alimentación, construyen galerías en ramas jóvenes que son destinadas a la producción, lo mismo que generan galerías de reproducción en troncos y ramas gruesas de árboles debilitados.

Durante la interacción de plagas en esta especie forestal, también se detectó la presencia del insecto chupador de savia *S. marginella*, con dinámica poblacional de 4 % de parasitismo en árboles de diferentes edades, la especie del chupador rara vez causa la muerte del arbolado; datos similares fueron reportados por Báez-Santacruz *et al.* (2013), quienes mencionan que el hemíptero es capaz de causar daño directo al follaje, con la aparición de manchas cloróticas y puntuaciones necróticas, lo que repercute en el debilitamiento del hospedero.

En los árboles de Trueno Lila (*L. lucidum*) se observaron defoliaciones y, en algunos casos, las hojas se enroscaban hacia la nervadura central, en el interior resguardaban a posibles pupas del agente causal de la defoliación. La dinámica poblacional del insecto afectó 8 % del arbolado, la plaga causó daños directos al follaje, las lesiones de los árbo-

les infestados fueron provocadas por el estado larval de un Lepidóptero de la familia Saturniidae. Shaw *et al.* (2018) mencionan que los lepidópteros de esta familia son plagas comunes de estas especies forestales y, en algunas investigaciones en modelos biológicos, *L. lucidum* es utilizada como fuente de alimento de ciertas especies de lepidópteros.

En el caso de *P. radiata* se detectó la presencia de la escama (*Chionaspis* sp.), Hemiptera:Diaspididae, causando epidemias de 49% al arbolado de esta especie. Este hemíptero se encuentra ampliamente distribuido en México y se localiza en bosques naturales, plantaciones, viveros y arbolado de áreas urbanas (Gwiazdowski *et al.*, 2011). El principal daño que causa es la succión de savia, parte de la cual es excretada en forma de mielecilla, misma que es invadida por hongos y con ello la producción de la enfermedad conocida como fumagina (Cibrián, 2007). Altas infestaciones de esta plaga en hospederos susceptibles causa atrofiamiento del crecimiento del árbol; la lámina foliar atacada tiende a necrosar por los constantes ataques de la plaga y, en el caso de infestaciones severas, en el hospedero pueden provocar decoloración en el follaje y caída prematura de las acículas; Kirsten *et al.* (2005) afirman que en altas poblaciones reducen el crecimiento y el vigor del árbol.

En esta especie de pino también se detectó el parasitismo del ácaro *Oligonychus* sp. con incidencia de 5.3%. El ácaro de la familia Tetranychidae succiona los nutrientes del árbol, provocando manchas cloróticas en las hojas y caída prematura del follaje (Cibrián, 1995; Bolland *et al.*, 1998).

Las especies de cedro blanco *C. lusitanica* y *C. benthami* comparten características fisiológicas en común, sin embargo ante la presencia de plagas, la dinámica poblacional del ácaro (*Allonychus* spp.) es diferente entre especies, asimismo la incidencia de la plaga en los arbolados fue de 4.8% y 30.61%, respectivamente. La manifestación de manchas cloróticas fue evidente en las hojas y, finalmente, caída prematura del follaje, estos síntomas concuerdan con lo reportado por Cibrián (1995).

Además, en el arbolado de *C. lusitanica* se presentó el descortezador (*Phloeosinus* sp.) con afectaciones de 4.08% en la población forestal de esta especie de cedro. Este coleóptero es importante en áreas urbanas donde hay Cupressaceae, la principal característica de este curculiónido radica en que las infestaciones las realiza en árboles que se encuentran debilitados por estrés hídrico o que se encuentran en decadencia, además Tórres y Sánchez (2006) confirman que *Phloeosinus* sp. afecta a *Cupressus arizonica*.

En especies frutales como *P. persica* se observó la presencia de la roya (*Tranzschelia* sp.), causando pústulas pequeñas de color amarillo o cobrizas que aparecen en el envés de las hojas, mientras que en el haz se observaron moteados cloróticos, lo que causó defoliación temprana y, en hojas viejas, se observaron pústulas de color negro, síntomas

similares fueron reportados por Cibrián (2007) y Reséndiz *et al.* (2015). La persistencia del agente causal sobre el frutal radicó en el severo ataque al follaje nuevo, ramillas tiernas y frutos en desarrollo. La dinámica poblacional de la enfermedad fue de 66.67%. Este elevado porcentaje de parasitismo que se presentó representa una seria amenaza para la población de frutales de hueso que conforman el bosque de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México.

En lo que concierne a los hospederos de plantas parásitas de la zona de estudio, el arbolado de Alamillo (*Populus x canadensis*) presentó infestaciones por muérdago verdadero (*Cladocolea* sp.), con dinámica poblacional hasta de 85%. De acuerdo a Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero (2005), en altos niveles de infestación propicia que el hospedero tenga las condiciones de susceptibilidad al ataque de otras plagas. También Cibrián (2007) confirma que esta planta parásita induce a la muerte de los árboles. En las zonas boscosas de la Ciudad de México, las especies del género *Cladocolea* sp. son una plaga que, por su dinámica poblacional, se adapta y prevalece en ambientes de estas zonas, además de que la velocidad de la tasa de crecimiento del muérdago verdadero se acelera debido a la susceptibilidad de la población forestal. Datos similares son confirmados por Villa (2010), quien afirma que la interacción de parasitismo de *Cladocolea* sp. en áreas naturales protegidas, plantaciones con fines de restauración y arbolado urbano, es tal que es necesario implementar acciones de diagnóstico para el manejo, prevención, combate y control de la planta parásita.

En el arbolado de la especie *C. equisetifolia* se observó la presencia de la planta epífita heno (*Tillandsia* sp.), quien presentó sistema radicular externo y primitivo, mismo que utilizó para anclarse o sostenerse de ramas del hospedero; esta planta se alimenta a través de las hojas que están cubiertas de tricomas o pelos especializados para coleccionar agua y nutrientes del ambiente (Villa, 2010), sin embargo, por los hábitos de agregación e incremento en la población sobre el árbol, la planta genera sombra y con ello altera el proceso de fotosíntesis del hospedero (Scatena y Segecin, 2005). En la zona de estudio *Tillandsia* sp. cubrió 3.4% del arbolado de *C. equisetifolia*. Las hojas de los árboles cubiertos por la epífita mostraron hojas secas y defoliación. El comensalismo que se manifestó en el hospedero es un detonante para establecer calendarios de vigilancia epidemiológica en el arbolado y valorar el grado de avance de la interacción y los efectos en el hospedero; también Villa (2010) hace mención de que estas plantas epífitas no toman agua ni nutrientes del hospedero, sin embargo, sí inducen asfixia de ramas y muerte de los árboles quienes les sirven de soporte.

En las hojas del arbolado de Yuca (*Yucca elephantipes*) se observaron manchones negros causados por el hongo *Guignardia* sp. *Butryosphaeriaceae*; en los manchones se

apreciaron los pseudotecios, quienes colonizaron el follaje de los árboles; la enfermedad se manifestó principalmente en las zonas más húmedas del bosque, con incidencia de 6% de la población de esta especie. Datos similares fueron reportados por Reséndiz *et al.* (2015), quienes observaron la presencia de este microorganismo causando hasta 100% de parasitismo en *Y. elephantipes*, asimismo confirman que este hongo es considerado como un problema para esta especie forestal en los bosques de zonas urbanas. También Cibrián *et al.* (2007) describen a esta enfermedad como una limitante del desarrollo del forestal; el organismo es caracterizado por producir ascas, mismas que contienen en su interior ascosporas que se liberan cuando hay una capa de agua, y que son dispersadas por el salpique de gotas de lluvia a otras hojas del mismo hospedero y a otros forestales de la misma especie.

### **Incidencia de factores abióticos por especie forestal**

Con base en la infestación acumulada en el arbolado forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México, los factores abióticos son las principales causas de afectación a los bosques urbanos (Reséndiz *et al.*, 2015), el daño es, en primer grado, el deterioro directo a la estructura del suelo debido a su compactación, generado por el recurrente pisoteo de los visitantes, quienes con frecuencia acuden a los bosques y no permiten la acumulación de materia orgánica y, por el contrario, favorecen la erosión del suelo. En el caso específico de los suelos de la zona de estudio, fue evidente el porcentaje de árboles dañados por presentar suelos erosionados y compactados, mismos que denotan la falta de retención de agua pluvial y la frecuencia de raíces expuestas al ambiente (Tabla 3).

Estos factores son el inicio de una cadena de afectaciones que se reflejan en la calidad fisiológica de la población forestal que integran el arbolado de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, en consecuencia, el estrés hídrico es factor que limita el desarrollo de los árboles por la poca disponibilidad de agua y el suministro de nutrientes disponibles en el suelo. Datos similares son confirmados por la FAO (2006), quien manifiesta que las características de un árbol son consecuencia de la información genética basada en los progenitores y, a partir de ahí, el crecimiento y desarrollo del forestal es el resultado de la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo. En este sentido, en la zona de estudio, cuando se observó un forestal limitado en calidad de suelo y disponibilidad de agua, también se notó su debilidad fisiológica y se reflejó en la inclinación del fuste. Sánchez (2016) señala que estas afectaciones en la población forestal son producto pre-



ponderante por efectos abióticos. Además, estos factores repercutieron en el crecimiento y desarrollo del arbolado, y en el peor de los casos, fue notorio el incremento por muerte descendente, así mismo, la FAO (2006) menciona que los escenarios ideales de estas variables son específicas para cada especie forestal, mismas que se reflejan en el máximo de crecimiento del árbol. También el arbolado se vio afectado por las malas prácticas de manejo forestal, principalmente por podas mal aplicadas, en este sentido se observó el aumento de ramas secas de los árboles podados, además del erróneo despunte del ápice de crecimiento (Tabla 3). Con este argumento, la FAO (2006) expone que es recurrente localizar árboles donde se induce a la muerte apical de forma localizada, e incluso extenderse al resto del árbol, debido a prácticas de manejo realizadas incorrectamente. De igual forma, la estructura de los árboles se vio afectada por la expulsión de resina a través de aberturas naturales en ramas y troncos, en algunos casos el daño se prolongó hasta observarse muerte ascendente de los árboles más afectados.

En otro contexto, los visitantes del bosque, constantemente y en forma desbandada, manipulan a los árboles (Benavides *et al.*, 2012), y el porcentaje de afectación refleja que los usuarios tienden hacer mal uso del rodal, sombra (área de goteo), ramas y tronco para diferentes fines, lo que repercutió en los porcentajes de afectación del arbolado, también se observaron daños mecánicos y físicos considerados como vandalismo (Tabla 3). Villa (2010) cita que este tipo de afectaciones tienden a ser considerables en términos monetarios, por pérdida del arbolado, y con ello la cubierta forestal, además del impacto que se genera a los distintos hábitat. Además Zaragoza *et al.* (2015) afirman que el mayor impacto en el arbolado urbano se debe a elementos físicos, químicos y mecánicos. A la par, en los sitios de estudio se apreciaron ramas desgarradas, tallos descortezados y heridas provocadas con instrumentos punzocortantes, aparte de la presencia de clavos de metal en los tallos y ramas del arbolado, lo que facilita la entrada de insectos y microorganismos patógenos que pueden afectar su salud (Figura 5). Benavides *et al.* (2012) mencionan que cuando las áreas verdes reciben un número considerable de visitantes y no se realizan las acciones de mantenimiento, en tiempo y forma, resulta complejo revertir los efectos en el ambiente por el deterioro que sufre el arbolado y la zona forestal.



Tabla 3. Población forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México con incidencia de árboles dañados por factores abióticos

Espece forestal	<sup>1</sup> Arbolado total	Arbolado forestal dañado	Factor abiótico	Espece forestal afectada (%)	<sup>2</sup> Dinámica poblacional forestal acumulada	<sup>3</sup> Incidencia (%)
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	3	2	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico	66.67	95.24	17.71
<i>Acacia retinoides</i> Schlttdl.	7	2	Raíz expuesta, vandalismo	28.57		
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	88	28	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico, podas mal aplicadas	31.82	31.82	5.92
<i>Cupressus benthamii</i> Mill.	49	19	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico, resinación, muerte descendente	38.78	137.3	25.53
<i>Cupressus lusitánica</i> Mill.	49	28	Vandalismo, estrés hídrico, resinación, muerte descendente	57.14		
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	29	12	Vandalismo, estrés hídrico, resinación, muerte ascendente	41.38		
<i>Eriobotrya japónica</i> (Thunb.) Lindl.	6	1	Vandalismo	16.67	16.67	3.10
<i>Erithrina coralloides</i> DC.	5	1	Estrés hídrico	20.00	20.00	3.72
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	556	134	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico, despuntado, declinación del fuste	24.10	35.21	6.55
<i>Eucalyptus robusta</i> SM.	9	1	Raíz expuesta	11.11		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	454	37	Raíz expuesta, vandalismo	8.15	8.15	1.52

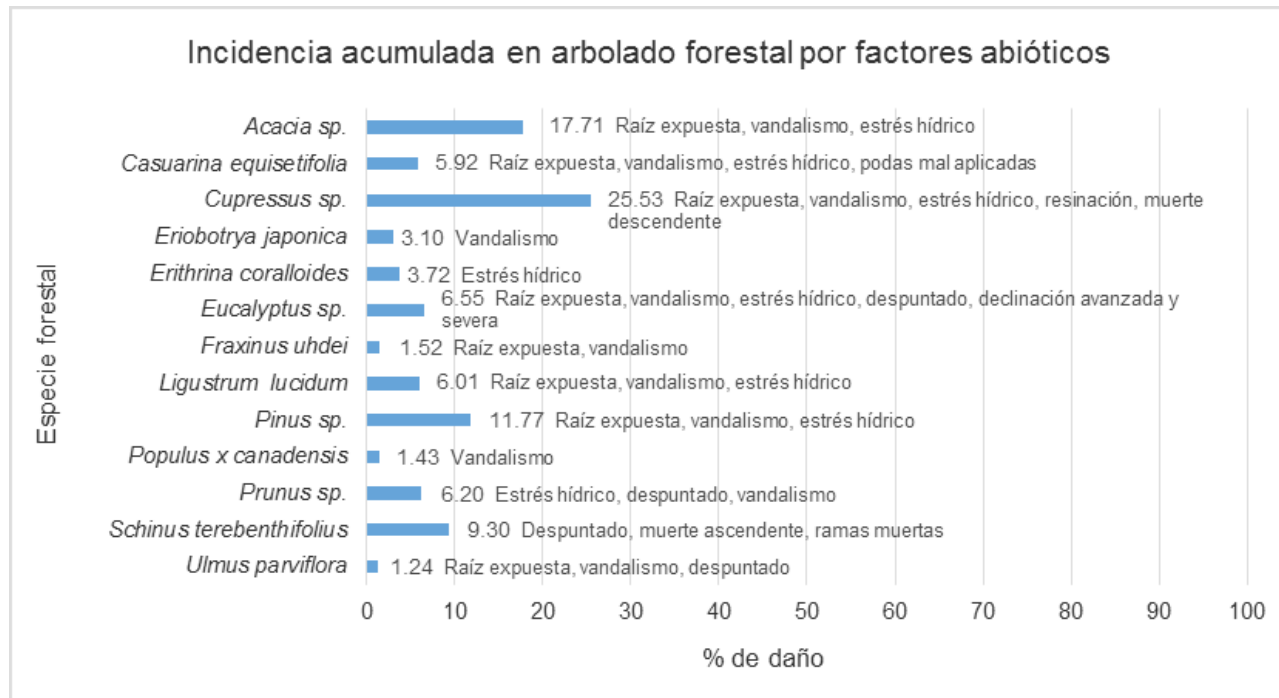
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	266	86	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico	32.33	32.33	6.01
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	4	1	Raíz expuesta, vandalismo	25.00	63.30	11.77
<i>Pinus radiata</i> D.Don	94	36	Raíz expuesta, vandalismo, estrés hídrico	38.30		
<i>Populus x canadensis</i> Moench	13	1	Vandalismo	7.69	7.69	1.43
<i>Prunus pérsica</i> (L.) Stokes, Batsch	15	2	Vandalismo	13.33	33.33	6.20
<i>Prunus serotina</i> var. <i>Capulí</i> Ehrh.	5	1	Estrés hídrico, despuntado	20.00		
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	2	1	Despuntado, muerte ascendente, ramas muertas	50.00	50.00	9.30
<i>Ulmus parviflora</i> Jacq.	15	1	Raíz expuesta, vandalismo, despuntado	6.67	6.67	1.24

<sup>1</sup>Tabla 1. Población forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México.

<sup>2</sup>Sumatoria de especie forestal afectada por género.

<sup>3</sup>Dinámica poblacional forestal acumulada por género X 100/ el total de la poblacional forestal acumulada (537.71).

**Figura 5. Incidencia acumulada de factores abióticos en especies forestales de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México**



La dinámica poblacional acumulada de los factores abióticos, causando alteraciones fisiológicas al arbolado forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, fue espacialmente azarosa. En el caso de *Cupressus sp.*, *Acacia sp.*, *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.*, *Prunus sp.*, *Ligustrum lucidum*, *Casuarina equisetifolia*, *Erithrina coralloides* y *Eriobotrya japonica* las incidencias acumuladas por raíz expuesta, erosión, estrés hídrico y vandalismo fueron de 25.53, 17.71, 11.73, 6.55, 6.20, 6.01, 5.92, 3.72 y 3.10%, respectivamente (Figura 5). Además, la falta de riego en los sitios de estudio causó marchitamiento y, en algunos casos, agrietamiento en el fuste. Existe la probabilidad de que el marchitamiento se incremente durante los meses de mayo y junio, periodo en que se presentan temperaturas altas y poca precipitación. Las especies del género *Cupressus* que mostraron sensibilidad al estrés hídrico también presentaron resinación (Tabla 3).

Las prácticas de manejo forestal son protocolos de seguimiento para el cuidado del arbolado de bosques urbanos (FAO, 2006), sin embargo, el porcentaje más alto de especies forestales afectadas por malas prácticas de manejo sanitario fueron *Schinus terebenthifolius*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Prunus serotina* var. *capuli*,

y *Ulmus parviflora*, quienes presentaron afectaciones hasta de 50.0, 31.82, 24.10, 20.0 y 6.67%, respectivamente; por despunte del crecimiento apical y muerte ascendente del arbolado con incidencias de 9.30, 5.92, 6.55, 6.20 y 1.24%, respectivamente (Figura 5); estos resultados concuerdan con lo reportado por Villa (2010), quien manifiesta que las podas de formación o saneamiento no debe exceder 50% de la copa, en consecuencia, el árbol muere. En el arbolado forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec el rodal afectado es un detonante que debe ser tomado en cuenta como medida de manejo sanitario. En este sentido, la FAO (2006) y Villa (2010) hacen referencia a que las técnicas silvícolas, el manejo forestal, en particular las podas o manipulación del árbol, deberán realizarse con equipo de seguridad desinfectado y preferentemente en otoño-invierno para favorecer la cicatrización de las heridas realizadas durante las podas, además de que se reduce el exudado de resina y el riesgo de afectación por otras plagas.

## CONCLUSIONES

El estatus sanitario forestal de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México estuvo representado por arboles sanos, árboles dañados por factores bióticos-abióticos y árboles muertos en pie.

La epidemia de la población forestal fue causada por insectos, ácaros, microorganismos y plantas parásitas.

Las especies forestales más susceptibles a la infestación de agentes biológicos fueron *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus radiata*, *Fraxinus uhdei*, *Cupressus benthamii*, *Prunus persica* y *Populus x canadensis*, causados por *Glycaspis brimblecombei*, *Chionaspis* sp., *Tropidosteptes chapingoensis*, *Allonychus* sp., *Tranzschelia* sp. y *Cladocolea* sp., respectivamente.

El daño por factores abióticos de la población forestal fue causada por raíz expuesta, erosión, estrés hídrico-resinación, vandalismo y manejo forestal.

Las especies con mayor índice de afectación por factores abióticos fueron *Cupressus* sp., *Acacia* sp., *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp., *Prunus* sp., *Ligustrum lucidum*; *Casuarina equisetifolia*, *Erithrina coralloides*, *Eriobotrya japónica*, *Schinus terebenthifolius* y *Ulmus parviflora*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, D. y L. Saavedra, 2005, "El género *Cladocolea* (Loranthaceae) en México: Muérdago Verdadero o Injerto", en *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(1): 5-9.
- Alexopoulos, J. et al., 1996, *Introductory mycology*, 4th ed. Nueva York, EUA: Wiley.
- Barnett, L. y B. Hunter, 1972, *Illustrated genera of imperfect fungi*, EUA: Burgess Publishing.
- Báez, J., et al., 2013, "Ciclo de vida de *Stenomacra marginella* (Hemiptera: Heteroptera: Largidae)", en *Rev. Mex. Biodiv.*, 84(4): 1292-1297.
- Benavides, H. y D. Fernández, 2012, "Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec", en *Madera y Bosques*, 18(2): 51-71.
- Bolland, R. et al., 1998, *World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae)*, Brill Leiden Boston, EUA: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Cibrián, D. et al., 1995, *Insectos Forestales de México*, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Cibrián, D. et al., 2007, *Enfermedades Forestales en México*, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Cibrián, D., 2016, *Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales*, México: Conafor, Semarnat.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor), 2010, *Manual de Sanidad Forestal*, México: Semarnat.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor), 2015, "Sanidad Forestal", disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/sanidad-forestal-27803>, consultado el 18/02/2019.
- Del Valle, A., 2014, "Bosque de Chapultepec", en *Vita*, 2: 9-15.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 2014. "Programa Nacional Forestal 2014-2018", disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342498&fecha=28/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342498&fecha=28/04/2014), consultado el 19/02/2019.
- Díaz, V., 2014, *Diagnóstico Fitosanitario de la Vegetación en Ecosistemas Prioritarios de Aguascalientes*, Conafor, México: Semarnat.
- Fonseca, J. et al., 2007, "Description and life cycle of ash plant bug *Tropidosteptes chapingoensis* Carvalho & Rosas (Hemiptera: Miridae)", en *Ra Ximhai*, 3(2): 443-459.
- García, E., 1988, *Modificaciones al sistema climático de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*, Instituto de Geografía, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gwiazdowski, A. et al., 2011, "Discovery of cryptic species among North American pine-feeding *Chionaspis* scale insects (Hemiptera: Diaspididae)", en *Biological Journal of the Linnean Society*, 104: 47-62.

- Gobierno de la República, 2018, "Programa Nacional Forestal 2014–2018", disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/4/5382Programa%20Nacional%20Forestal%202014-2018.pdf>, consultado el 18/02/2019.
- Gutiérrez, M. y R. Muñiz, 1984, *La situación de las plagas en el Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México*, México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016, *Azcapotzalco Distrito Federal: cuaderno estadístico delegacional 1997-1998*, México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2017, *Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México*, México: INEGI.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Dirección del Bosque de Chapultepec (Inifap-DBCh), 2009, "Informe final del proyecto Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado".
- Kirsten, M. *et al.*, 2005, "Phenology, natural enemies, and efficacy of horticultural oil for control of *Chionaspis heterophyllae* (Homoptera: Diaspididae) on christmas tree plantations", en *Journal Of Economic Entomology*, 98(5): 1603-1613.
- Márquez, J., 2005, "Técnicas de colecta y preservación de insectos", *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37: 385-408, disponible en: [http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN\\_37/385\\_408\\_Tecnicas.pdf](http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN_37/385_408_Tecnicas.pdf), consultado el 20/02/2019.
- Martínez, E. *et al.*, 2016, "Incidencia de *Hylesinus mexicanus* (Wood) (Coleoptera: Curculionidae) en Huertos de Olivo en Ixmiquilpan, Hidalgo, México", en *Southwestern Entomologist*, 41(1): 241-250.
- Mellado, J., 2017, "Diseños Experimentales", Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, disponible en: <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/muestreo/muapu4.pdf>, consultado el 19/02/2019.
- Morón, M. y R. Terrón, 1988, *Entomología Práctica: una Guía para el Estudio de los Insectos con Importancia Agropecuaria, Médica, Forestal y Ecología de México*, México: Instituto de Ecología A. C.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2006, "Manual de Campo: Plagas y Enfermedades de Eucaliptos y Pinos en el Uruguay", Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Uruguay.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2018, "Es estado de los Bosques del Mundo", disponible en <http://www.fao.org/state-of-forests/es/>, consultado el 18/02/2019.
- Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC-UNAM), 2002, *Proyecto ejecutivo sobre la implementación del manejo integral y desarrollo autosostenible del Bosque*



- de Chapultepec, México: Universidad Nacional Autónoma de México y Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal.
- Reséndiz, J. *et al.*, 2015, "Enfermedades foliares del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, Azcapotzalco, D.F.," en *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30): 106-123.
- Romo, J. *et al.*, 2007, "Análisis Económico del Control Biológico del Psílido del Eucalipto en la Ciudad de México", en *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(1): 47-52.
- Sánchez, G., 2016. "Estado del Arte de la línea del Cambio Climático y Plagas", Red Temática en Salud Forestal: Cambio Climático y Plagas, CONACYT., disponible en: [http://redtematicasaludforestal.com/DBSX/System/informes\\_resultados/Estado\\_arte\\_CCP\\_0y6n3598.pdf?id=156](http://redtematicasaludforestal.com/DBSX/System/informes_resultados/Estado_arte_CCP_0y6n3598.pdf?id=156), consultado el 10/02/2019.
- Scatena, L. y S. Segecin, 2005, "Anatomía foliar de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil", en *Revista Brasil. Bot.* 28(3): 635-649.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), 2002, *Programa Nacional de Sanidad Forestal 2002*, México: Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos.
- Secretaría de Medio Ambiente (SMA), 2004, *Restauración de Áreas Verdes del Distrito Federal: Informe de Avances del Programa de Sustitución de Eucaliptos en Condición de Alto Riesgo*, México: Gobierno de la Ciudad de México.
- Shaw, H. *et al.*, 2018, "The natural enemies of privets (*Ligustrum*: Oleaceae): a literature review, with particular reference to biological control", en *CAB Reviews*, 13(11): 1-24.
- Sheinbaum, C., 2017. "Sexto Informe de Gobierno Trimestral Delegacional Preservación del medio ambiente, apoyo al campo, protección del suelo de conservación y desarrollo económico sustentable", disponible en [http://repositorio.tlalpan.gob.mx:8080/CA/6\\_informe%202017.pdf](http://repositorio.tlalpan.gob.mx:8080/CA/6_informe%202017.pdf), consultado el 23/01/2019.
- Tórres, L. y J. Sánchez, 2006, *Principales Insectos Descortezadores en los Bosques de Coníferas del estado de Coahuila*, México: Inifap.
- University of Georgia, 2018, "Forestry Images", US Forest Service, International Society of Arboriculture, USDA Identification Technology Program, disponible en <https://www.forestryimages.org/index.cfm>, consultado el 26/02/2019.
- Velasco, E. *et al.*, 2003, "Diagnóstico sanitario de los bosques del Distrito Federal México", en *Revista Ciencia Forestal en México*, 27(91): 91-108.
- Velasco, E. *et al.*, 2013, "Diagnóstico y Caracterización del Arbolado del Bosque de San Juan de Aragón", en *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19): 102-111.

Villa, J., 2010, *Manual de Sanidad Forestal*, Conafor, México: Semarnat.

Zaragoza, A. *et al.*, 2015, "Identificación de daños en el arbolado de tres parques del Distrito Federal", en *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(32): 63-82.