

Fungi associated with the decline and death of *Phoenix canariensis* in Mexico City

Hongos asociados a la declinación y muerte de *Phoenix canariensis* en la Ciudad de México

Andrés Quezada-Salinas, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, km. 37.5 Carretera Federal México-Pachuca, Avenida Centenario de la Educación, Colonia Santa Ana, C.P. 55740, Tecámac, Estado de México, México; **Silvia Edith García-Díaz***, Área de Parasitología Forestal, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México, CP. 56230, México; **Alejandra Almaraz-Sánchez**, **Dionicio Alvarado-Rosales**, **Luz de Lourdes Saavedra-Romero**, **Sergio Aranda-Ocampo**, Programa de Fitopatología, ¹Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, km. 36.5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México; **Carlos Fredy-Ortiz**, Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n km 3.5, C.P. 86500, Cárdenas, Tabasco, México; ¹**Armando Equihua-Martínez**.

*Corresponding autor: edith65@gmail.com

Received: February 15, 2023.

Accepted: April 17, 2023.

Quezada-Salinas A, García-Díaz SE, Almaraz-Sánchez A, Alvarado-Rosales D, Saavedra-Romero LdeL, Aranda-Ocampo S, Fredy-Ortiz C and Equihua-Martínez A. 2023. Fungi associated with the decline and death of *Phoenix canariensis* in Mexico City. Mexican Journal of Phytopathology 41(2): 241-256.

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2302-8>

First DOI publication: April 29, 2023.

Primera publicación DOI: 29 de Abril, 2023.

Abstract. The decline and death of palms (*Phoenix canariensis*) in Mexico City is a problem that has increased in the last five years, causing the death of more than 500 palms and others with different degrees of damage. The causal agent has not been determined, so the present study aimed to identify

Resumen. El declinamiento y muerte de palmeras (*Phoenix canariensis*) en la Ciudad de México ha aumentado en los últimos cinco años hasta alcanzar la muerte de más de 500 palmeras y otras más con diferentes grados de daño. El o los agentes causales no han sido determinados, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo identificar los hongos asociados al declinamiento y muerte de palmeras (*Phoenix canariensis*) en la Ciudad de México. Muestras de tejido vegetal sintomático del tronco, peciolo, raquis y foliolos, fueron colectadas en nueve sitios de muestreo representativos, en siete Alcaldías de la Ciudad de México, de febrero a agosto de 2022. Se obtuvieron 144 aislados de hongos que comprendieron 11 especies. Las especies identificadas con mayor frecuencia fueron *Nalanthamala vermoeseni*, *Lasiodiplodia* sp., *Neopestalotiopsis* sp., y *Serenomyces* sp., presentes

the associated fungi of the decline and death of palms (*Phoenix canariensis*) in Mexico City. From February to August 2022, samples of symptomatic plant tissue from the trunk, petiole, rachis, and leaflets were collected at nine representative sampling sites in seven Boroughs of Mexico City. A total of 144 fungal isolates were obtained, comprising 11 different species. The species with the highest frequency were: *Nalanthamala vermoesonii*, *Lasiodiplodia* sp., *Neopestalotiopsis* sp., and *Serenomyces* sp., present mainly on the petiole and rachis; and *Alternaria alternata* and *Phoma glomerata* in the leaflets, these species have been reported as causative agents of different diseases in other countries and are reported for the first time in Mexico associated with *P. canariensis*. The information generated will allow establishing management measures tending to reduce the death of palms.

Keywords: Palm, tissues, symptoms.

Climate change threatens the health and survival of urban trees, as well as the diverse benefits that they provide the inhabitants of cities. By the year 2050, most species will be at risk due to the changes projected for temperature and rainfall. Along with the abiotic stress caused by global warming, urban trees face increasing emerging diseases, particularly those caused by fungal pathogens and oomycetes (Rafiqi *et al.*, 2022). Although they are not classified as trees, palms play an important role in the biodiversity of different urban areas or in forestry; however, the majority of studies on the pathologies have been carried out on species of agronomic interest, such as the date palm (*Phoenix dactylifera*), leaving an area of study to determine what takes place in ornamental species found in urban areas. In this sense, the genus *Phoenix*

principalmente en peciolo y raquis; y *Alternaria alternata* y *Phoma glomerata* en foliolos, dichas especies han sido reportadas como agentes causales de enfermedades en palmeras en otros países y reportadas por primera vez en México asociadas a *P. canariensis*. La información generada permitirá establecer medidas de manejo tendientes a reducir la muerte de palmeras.

Palabras clave: Palmera, tejidos, síntomas.

El cambio climático amenaza la salud y la supervivencia de los árboles urbanos, así como a los diversos beneficios que brindan a los habitantes. Para el año 2050, la mayor parte de las especies estarán en riesgo debido a los cambios proyectados en la temperatura y precipitación. Junto con el estrés abiótico causado por el calentamiento global, los árboles urbanos se enfrentan cada vez más a enfermedades infecciosas emergentes, en particular las causadas por patógenos fúngicos y oomicetos (Rafiqi *et al.*, 2022). Aunque no son clasificados como árboles, las palmeras juegan un papel importante en la biodiversidad en diferentes áreas urbanas o en el ámbito de la arboricultura; sin embargo; la mayoría de los estudios realizados sobre las patologías se han llevado a cabo en especies de interés agronómico como palma datilera (*Phoenix dactylifera*) dejando un área de estudio para determinar lo que sucede en las especies ornamentales presentes en áreas urbanas. En este sentido, el género *Phoenix* (Phoeniceae: Coryphoideae) comprende especies que presentan una distribución geográfica amplia y diversa (Barrow, 1998). Ocupan hábitats muy diversos que van desde zonas costeras hasta zonas de 2000 msnm. Entre las primeras se encuentran *P. canariensis*, *P. reclinata*, *P. roebeleni* y *P. sylvestris*. *P. dactylifera* es la única de interés agronómico. *Phoenix*

(Phoeniceae: Coryphoideae) comprises species that display a wide and diverse geographic distribution (Barrow, 1998). They live in very diverse habitats which range from coastal areas to areas 2000 masl. The former includes *P. canariensis*, *P. reclinata*, *P. roebeleni* and *P. sylvestris*. *P. dactylifera* is the only one of agronomic interest. *Phoenix canariensis* is endemic to the Canary Islands, off the coast of western Africa (Rivera *et al.*, 2013). In their natural habitat, they grow to about 18 to 20 m in height, unless affected by pests or diseases, the plant can live up to 200 and 300 years. Completely mature palms can weight up to 10 tons (Barrow, 1998). This palm has diverse uses: as an ornamental plant, it is enormously valuable, since it is probably the most widely used palm in gardening worldwide, in comparison with other resistant ornamental palm species, such as the Californian fan palm (*Washingtonia filifera*) and the Mexican fan palm (*W. robusta*). *Phoenix canariensis* is distributed worldwide in temperate and warm areas (Spennemann, 2018). In Mexico City, this plant species is enormously important, since it is a part of its landscape identity; there are an estimated 15 thousand palms distributed in the different boroughs (SEDEMA, 2022). However, since 2011 there have been records of palm mortality (SEDEMA, 2021), supposed due to biotic factors, mostly caused by fungi, without having determined the causal agent, therefore the problem persists, and is on the rise, with 500 dead palms on record to date (SEDEMA, 2022). Due to this, the aim of this work was to determine the fungi related to symptoms of decline and death of canary palms in Mexico City, in order to propose the best management strategies.

Nine sites with palms with symptoms of decline and death were sampled: Avenida Paseo de las Palmas (APP) with nine palms, Diagonal San Antonio (DSA) with four, Campestre Churubusco Golf Club (CGC) with four, El Papalote Museo del Niño (PMN) with seven, La Glorieta de la Palma

canariensis es endémica de las Islas Canarias frente a la costa oeste de África (Rivera *et al.*, 2013). En su entorno natural crecen entre 18 y 20 m de altura, a menos que se vea afectada por enfermedades o plagas, la planta puede vivir entre 200 y 300 años. Las palmeras completamente maduras pueden pesar hasta 10 toneladas (Barrow, 1998). Esta palma tiene diversos usos, como ornamental posee un enorme valor, siendo probablemente la palma más utilizada en jardinería en todo el mundo, en comparación con otras especies de palmeras ornamentales resistentes como la palma de abanico californiana (*Washingtonia filifera*) y la palma de abanico mexicana (*W. robusta*). *Phoenix canariensis* se distribuye a nivel mundial en zonas templadas y cálidas (Spennemann, 2018). En la Ciudad de México, esta especie es una planta de suma importancia, ya que forma parte de su identidad paisajista; se estima que hay alrededor de 15 mil palmeras distribuidas en las diferentes Alcaldías (SEDEMA, 2022). Sin embargo, desde el 2011, se tienen registros de mortalidad de palmeras (SEDEMA, 2021), presuntamente debido a factores bióticos principalmente causadas por hongos, sin haber determinado el agente causal por lo que el problema persiste y va en aumento teniendo hasta el momento un registro de 500 palmeras muertas (SEDEMA, 2022). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar los hongos asociados a palmeras canarias con síntomas de declinamiento y muerte en la Ciudad de México, con la finalidad de proponer las mejores estrategias de manejo.

Se muestrearon nueve sitios con palmas en declinamiento y muerte, que fueron: La Avenida Paseo de las Palmas (APP) con nueve palmeras, Diagonal San Antonio (DSA) con cuatro, Club de Golf Campestre Churubusco (CGC) con cuatro, El Papalote Museo del Niño (PMN) con siete, La Glorieta de la Palma (LGP) con seis, Ferrería (FER) con siete, Sara Esquina Saúl (SES) con siete,

(LGP) with six, Ferrería (FER) with seven, Sara corner with Saúl (SES) with seven, Anselmo de la Portilla (ADP) with six and 535 Avenue corner with Talismán (AET) with six, for a total of 56 palms in Mexico City.

Using directed visual sampling, from February to August of 2022, 10 asymptomatic palms were selected, along with 46 with symptoms of chlorosis, necrosis and death, which were classified based on the proportion of living crown (Prcv), using a scale of modified health visual evaluation of the protocols by Blair *et al.* (2019ab) and Bond (2012), being (a) a healthy or asymptomatic palm with a Prcv > 6; Initial, between 5 and 6; Intermediate = 4; and advanced, ≤ 3 .

A sample of trunk, petiole, rachis and leaflet was taken from every palm, for a total of 224 samples analyzed. They were separately placed in airtight polyethylene bags and transported in ice chests for processing in the Forest Pathology lab in the Plant Health program of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

For the isolation of fungi, each sample was washed with a 0.5 % sodium hypochlorite solution and dried with sterile paper towels. They were cut in 5 mm² pieces from the margin between healthy and diseased tissue, then disinfested with a 3 % sodium hypochlorite solution for 2 min, rinsed three times with distilled water for 1 min and dried at room temperature on sterilized paper towels. They were then plated in Petri dishes with water-agar (AA) medium and checked every 24 hours for mycelial growth. Once the mycelium developed, pieces of culture medium were taken and aseptically transferred onto potato-dextrose-agar (PDA) medium and incubated at 22 °C with a 12 h photoperiod until structures developed. Monoconidial cultures were obtained, which were preserved in tubes with PDA covered with sterile mineral oil at 15 °C for their later study. Likewise, humid chambers were performed to promote

Anselmo de la Portilla (ADP) con seis y Avenida 535 Esquina Talismán (AET) con seis dando un total de 56 palmeras en la Ciudad de México.

Mediante muestreo visual dirigido, de febrero a agosto de 2022, se seleccionaron 10 palmeras asintomáticas y 46 con síntomas de clorosis, necrosis y muerte, las cuales se clasificaron con base a la proporción de corona viva (Prcv), empleando una escala de evaluación visual de salud modificada de los protocolos de Blair *et al.* (2019ab) y Bond (2012), siendo: (a) palmera sana o asintomática con una Prcv > 6; inicial entre 5 y 6; intermedia = 4, avanzada ≤ 3 .

Se tomó una muestra de tronco, peciolo, raquis y foliolos por palmera, dando un total de 224 muestras analizadas; se depositaron por separado en bolsas de polietileno herméticas y se transportaron en hieleras para su procesamiento en el laboratorio de Patología Forestal del Programa de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Para el aislamiento de hongos, cada muestra se lavó con una solución de hipoclorito de sodio al 0.5 % y se secaron con papel absorbente estéril; se cortaron trozos de 5 mm² del margen entre tejido sano y enfermo, se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 3 % durante 2 min, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril durante 1 min y se secaron a temperatura ambiente sobre papel absorbente estéril; posteriormente se sembraron en cajas Petri con medio agua-agar (AA), se revisaron cada 24 horas para la detección de crecimiento de micelio. Una vez desarrollado el micelio, se tomaron trozos de medio de cultivo y se transfirieron asépticamente a medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y se incubaron a 22 °C con un fotoperiodo de 12 h hasta el desarrollo de estructuras. Se obtuvieron cultivos monoconidiales que fueron preservados en tubos con PDA cubiertos con aceite mineral estéril a 15 °C para su posterior estudio. Asimismo, se realizaron cámaras húmedas de tejido vegetal para propiciar la esporulación de conidiomatas

the sporulation of conidiomata on the surface of diseased plant tissue. The fungal cultures that developed were placed in Petri dishes with culture medium for their cultural and morphometric characterizations using the literature (Barr *et al.*, 1989; Ligoxigakis *et al.*, 2013; Rangel *et al.*, 2021; Troncoso y Tiznado, 2014).

The isolation frequency of the main fungi was estimated by calculating the percentage of isolates of each fungus in all the samples collected (number of isolates/n, where n = 144 total of isolates). Likewise, the rate of occurrence of each species of fungus was calculated as the frequency of occurrence of a species in the nine sampling sites. In the present investigation, 144 fungal isolates were obtained from the trunk, petiole, rachis and leaflets of 56 palms (*Phoenix canariensis*) sampled in Mexico City with symptoms of decline and death. Eleven fungal species were identified by morphology per damage category (Table 1).

From the 11 fungal species, four represented 81.9 % of the species isolated from the trunk, petiole, rachis and leaflet, these were considered as the most abundant in the nine sites in which the investigation was carried out (Figure 1), namely: *Alternaria alternata*, with the highest prevalence (34.7 %), followed by *Phoma glomerata*, *Nalanthamala vermoesonii* and *Lasiodiplodia* sp., with 22.9 %, 13.9 % and 10.4 %, respectively. It is worth pointing out that these four species form well-defined groups, that is, those that attack the petiole and rachis, mainly *N. vermoesonii* and *Lasiodiplodia* sp., although *Neopestalotiopsis* sp. and *Phomopsis* sp. were also found, along with those that attack the trunk and leaflets, such as *A. alternata* and *P. glomerata*.

On the other hand, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., and *Serenomyces* sp. displayed a moderate frequency of 2.77, 2.08 and 1.38 %, respectively. *Trichoderma* sp. and *Cladosporium* sp. had a low frequency, with percentages of 1.38-0.69.

presentes en la superficie. Las colonias de hongos desarrolladas se colocaron en cajas petri con medio de cultivo para su caracterización cultural y morfométrica por medio de literatura (Barr *et al.*, 1989; Ligoxigakis *et al.*, 2013; Rangel *et al.*, 2021; Troncoso y Tiznado, 2014).

La frecuencia de aislados de los principales hongos se estimó calculando el porcentaje de cada hongo en todas las muestras recolectadas (número de aislamientos/n, donde n = 144 total de aislados). Asimismo, la tasa de ocurrencia de cada especie de hongo se calculó como la frecuencia de ocurrencia de una especie en los nueve sitios de muestreo. Durante la presente investigación se obtuvieron 144 aislamientos de hongos del tronco, peciolo, raquis y foliolos de las 56 palmeras (*Phoenix canariensis*) muestreadas en la Ciudad de México con presencia de declinamiento y muerte. Se identificaron por morfología 11 especies de hongos por categoría de daño (Cuadro 1).

De las 11 especies de hongos, cuatro representaron el 81.94 % de las especies aisladas de tronco, peciolo, raquis y foliolo, las cuales fueron consideradas como las más abundantes en los nueve sitios donde se desarrolló la investigación (Figura 1), estas fueron: *Alternaria alternata* con mayor prevalencia (34.7 %) seguida de *Phoma glomerata*, *Nalanthamala vermoesonii* y *Lasiodiplodia* sp., con 22.9 %, 13.9 % y 10.4 %, respectivamente. Cabe señalar que estas cuatro especies forman dos grupos bien definidos, es decir, las que atacan peciolo y raquis, principalmente *N. vermoesonii* y *Lasiodiplodia* sp., aunque también se encontró a *Neopestalotiopsis* sp., y *Phomopsis* sp., y los que atacan el tronco y los foliolos como *A. alternata* y *P. glomerata*.

Por otra parte, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., y *Serenomyces* sp., presentaron una frecuencia moderada de 2.77, 2.08 y 1.38 %, respectivamente. *Trichoderma* sp., y *Cladosporium* sp., tuvieron una frecuencia baja con porcentajes de 1.38-0.69.

Table 1. Fungal species isolated from palms with decline and death in Mexico City by damage category.
Cuadro 1. Especies de hongos aisladas de palmeras con declinamiento y muerte en la Ciudad de México por categoría daño.

Categoría de daño	Especies de hongos aisladas			
	Peciolo	Raquis	Foliolo	Tronco
Aparentemente sana	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>	
	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>	<i>Phoma glomerata</i>	
Inicial	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.
	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>	<i>Phoma glomerata</i>	<i>Phoma glomerata</i>
	<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Phomopsis</i> sp.		
Intermedia	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>		
	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>
	<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>	<i>Phoma glomerata</i>	<i>Trichoderma</i> sp.
Avanzada	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Alternaria alternata</i>	
	<i>Nalanthamala vermoesenii</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i>
	<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>
	<i>Serenomyces</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Phoma glomerata</i>	

The rate of occurrence of each fungal species in each sampling site was variable (Figure 2). According to the relative frequency, SES and AET housed the greatest diversity of fungal species (six species), followed by APP, DSA and PMN (five species); CGC, LGP and ADP (four species), and finally, FER (three species).

Alternaria alternata presented a higher occurrence, since it was present in all nine sites, followed by *Phoma glomerata*, found in eight sites; these fungi were isolated mainly from the leaflets. On the other hand, out of the fungi found in petioles and rachis, *N. vermoesenii* had the greatest occurrence, since it was found in seven of the nine sites, followed by *Neopestalotiopsis* sp. (five sites) and *Lasiodiplodia* sp. (three sites).

La tasa de ocurrencia de cada especie de hongo en cada sitio de muestreo fue variable (Figura 2). De acuerdo con la frecuencia relativa, SES y AET albergaron la mayor diversidad de especies de hongos (seis especies); seguido por APP, DSA y PMN (cinco especies); CGC, LGP y ADP (cuatro especies), y finalmente FER (tres especies).

Alternaria alternata presentó una mayor ocurrencia ya que estuvo presente en los nueve sitios, seguida de *Phoma glomerata* presente en ocho sitios, estos hongos se aislaron principalmente de los folíolos. Por otra parte, de los hongos presentes en peciolo y raquis, *N. vermoesenii* tuvo la mayor ocurrencia al estar presente en seis de los nueve sitios; seguida de *Neopestalotiopsis* sp. (cinco sitios) y *Lasiodiplodia* sp. (tres sitios).

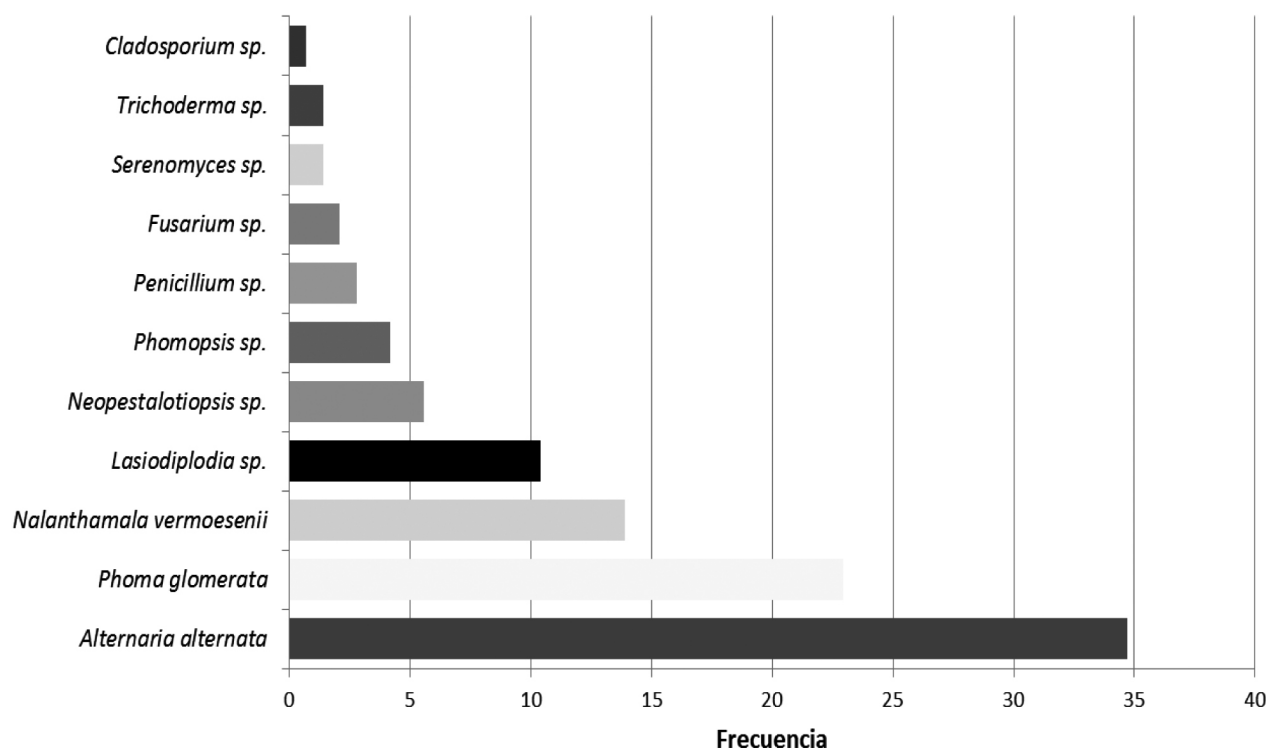


Figure 1. Frequency of fungal species isolated from the trunk, petiole, rachis and leaflet of *Phoenix canariensis* in nine sampling sites in Mexico City.

Figura 1. Frecuencia de especies de hongos aislados de tronco, peciolo, raquis y foliolo de *Phoenix canariensis*, en nueve sitios de muestreo en la Ciudad de México.

Based in the frequency and the number of isolates obtained, *Nalanthamala vermoesonii*, *Lasiodiplodia sp.*, *Neopestalotiopsis sp.*, *Alternaria alternata*, *Phoma glomerata* and *Serenomyces sp.* were determined as the fungi with the greatest importance in terms of decline and death of palms in Mexico City, although it is worth pointing out that palms displayed one or more fungi, yet they were recognized based on the type of symptom described and the isolate of the fungus. Due to this, the following symptoms are described:

***Nalanthamala vermoesonii*.** The symptoms were the death of leaves, which progresses from the youngest to the oldest; leaves become dark brown. One of the main characteristics was that the leaves remain attached to the palm, but they precipitate

Con base en la frecuencia y número de aislados obtenidos, se determinó que *Nalanthamala vermoesonii*, *Lasiodiplodia sp.*, *Neopestalotiopsis sp.*, *Alternaria alternata*, *Phoma glomerata* y *Serenomyces sp.*, son los hongos de mayor importancia en el declinamiento y muerte de palmas en la CDMX, cabe aclarar que en las palmas se presentaban uno o más hongos, sin embargo; se reconocieron con base al tipo de síntoma descrito y el aislado del hongo. Por ello se describen los siguientes síntomas:

***Nalanthamala vermoesonii*.** Los síntomas fueron muerte de hojas que progresa desde las más jóvenes hacia las hojas más viejas, las hojas adquieren una coloración café oscuro. Una característica principal fue que las hojas permanecen adheridas a

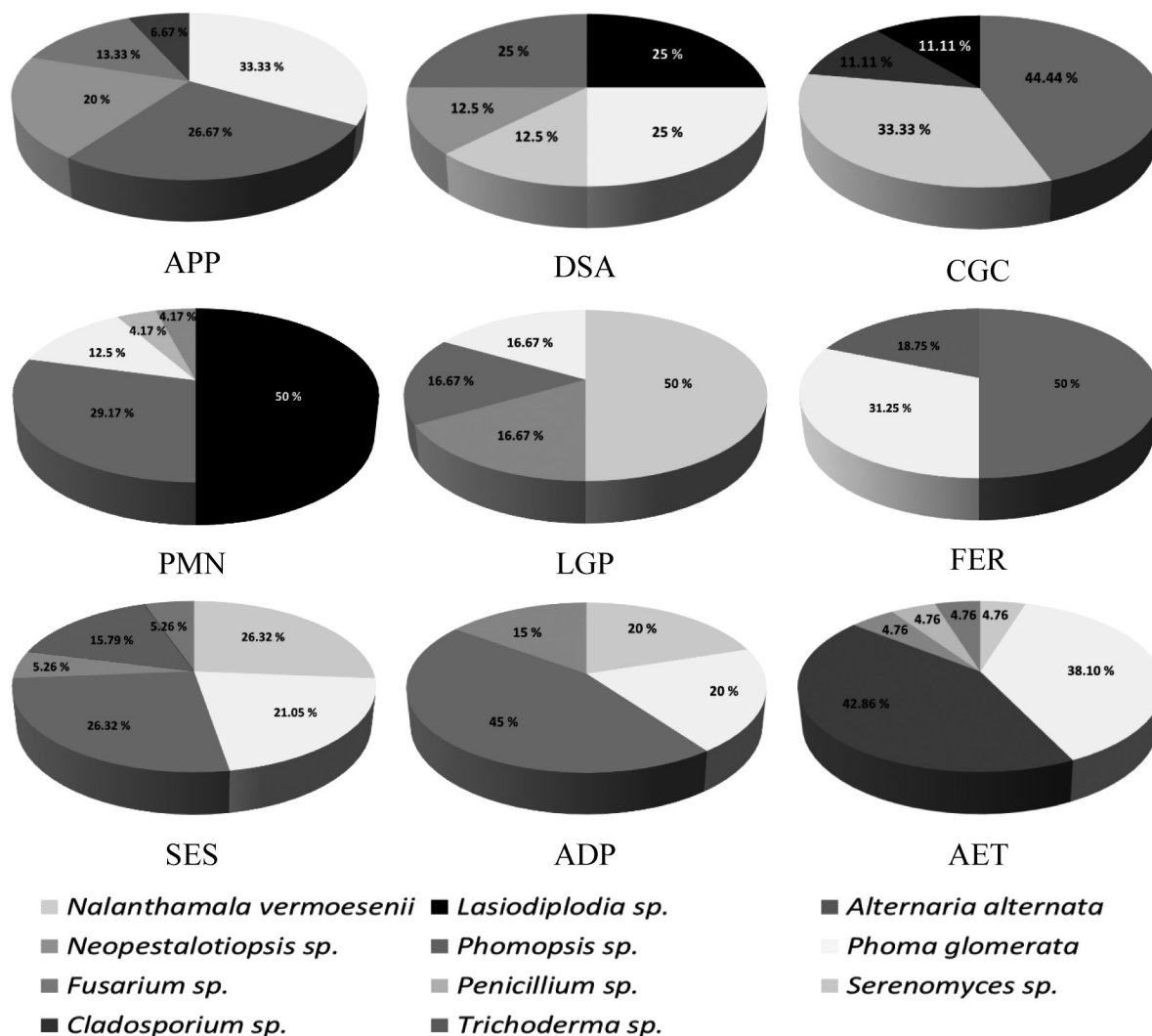


Figure 2. Species of fungi isolated from the trunk, petiole, rachis and leaflets in each sampling site and the percentage of each fungal species in regard to the total species obtained for each site. APP: Avenida Paseo de las Palmas; DSA: Diagonal San Antonio; CGC: Campestre Churubusco Golf Club; PMN: El Papalote Museo del Niño; LGP: La Glorieta de la Palma; FER: Ferrería; SES: Sara, corner with Saúl; ADP: Anselmo de la Portilla; AET: 535 Avenue, corner with Talismán.

Figura 2. Especies de hongos aisladas de tronco, peciolo, raquis y foliolos en cada sitio de muestreo y el porcentaje de cada especie de hongo con respecto al total de especies obtenidas por cada sitio. APP: La Avenida Paseo de las Palmas; DSA: Diagonal San Antonio; CGC: Club de Golf Campestre Churubusco; PMN: El Papalote Museo del Niño; LGP: La Glorieta de la Palma; FER: Ferrería; SES: Sara Esquina Saúl; ADP: Anselmo de la Portilla; AET: Avenida 535 Esquina Talismán.

towards the trunk, taking the shape of a skirt. The fronds display necrotic lesions, defined by a moist margin, which covers from the petiole to the apex of the frond (Figure 3 a). The internal symptoms

la palma, pero se precipitan hacia el tallo tomando la apariencia de una falda. Las frondas presentan lesiones necróticas delimitadas por un margen de consistencia húmeda, que avanza del peciolo hacia

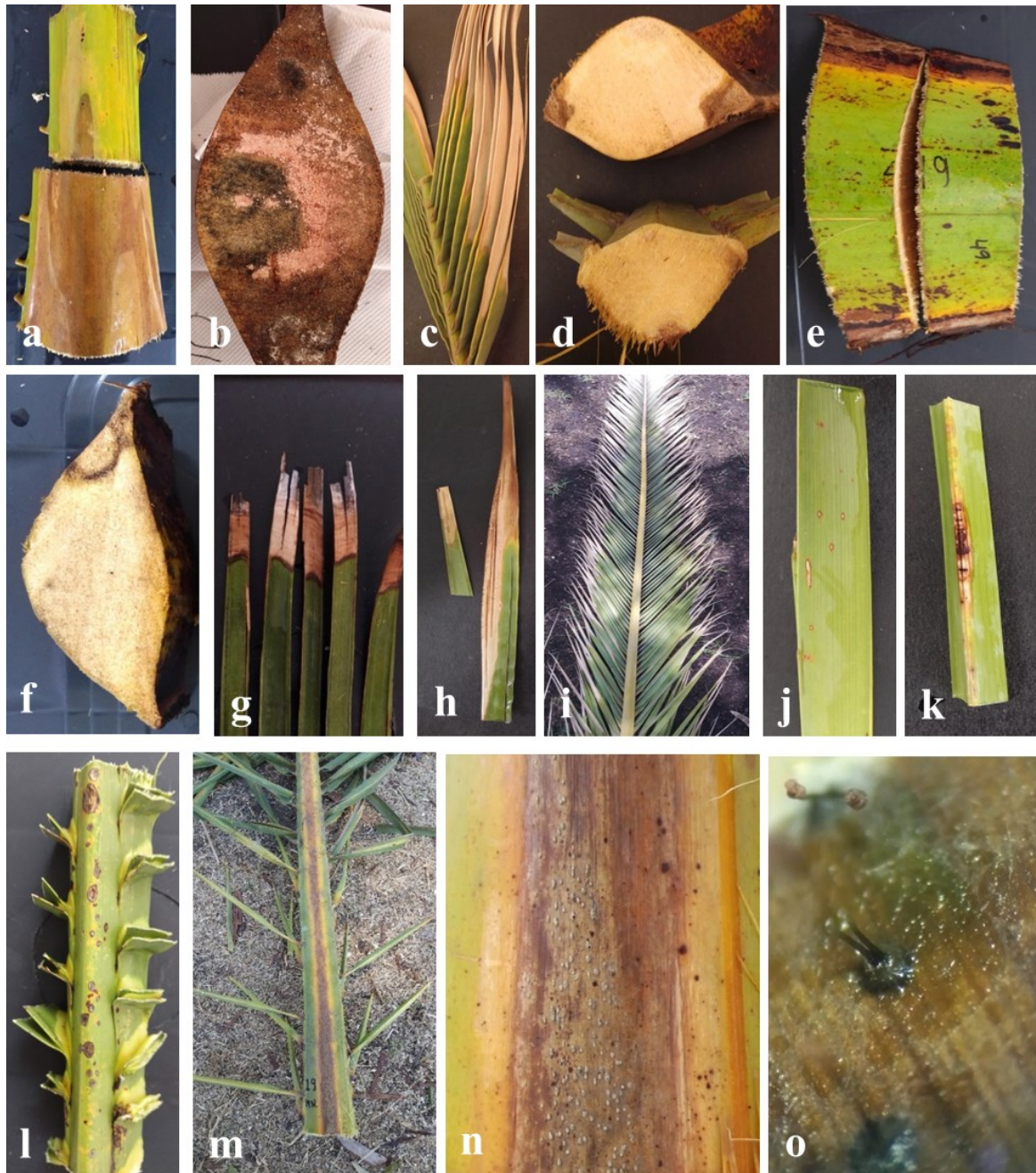


Figure 3. Symptoms and signs of the six main fungi isolated from the petioles, rachis and leaflets of *Phoenix canariensis*. a and b) *Nalanthamala vermoesenii*; c and d) *Lasiodiplodia* sp.; e and f) *Neopestalotiopsis* sp.; g, h and i) *Alternaria alternata*; j, k and l) *Phoma glomerata*; m, n and o) *Serenomyces* sp.

Figura 3. Síntomas y signos de seis principales hongos aislados de peciolo, raquis y foliolos de *Phoenix canariensis*. a y b) *Nalanthamala vermoesenii*; c y d) *Lasiodiplodia* sp.; e y f) *Neopestalotiopsis* sp.; g, h e i) *Alternaria alternata*; j, k y l) *Phoma glomerata*; m, n y o) *Serenomyces* sp.

display a rot in the bud with an unpleasant odor, whereas the petiole and rachis in their initial stages present a dark brown decoloring, as in the case of the bud, and in advanced stages (death of fronds) the decoloring is opaquer. The sign that indicates the presence of pink rot are the abundant salmon- or pink-colored spore masses on the infected tissues (Figure 3 b). In some cases, pink rot causes external symptoms that can be distinguished by the lateral decoloring of the petiole and rachis.

***Lasiodiplodia* sp.** The symptoms were the death of fronds, which progresses from the older to the younger leaves, all of which acquire a pale green to light brown color. The leaves remain attached to the palm, maintaining its natural structure, unlike the palms infected with *N. vermoesenii*. In initial to intermediate symptoms, leaflets present dieback, a symptom known as blight (Figure 3 c) and the transition zone (area between healthy and diseased tissue) presents an olive green to light brown color; in initial stages they presented dark brown areas on the sides (Figure 3 d), whereas in later stages, the color reaches the inner internal tissues, and finally, when the fronds die, they become black. Occasionally, the external part displays light brown stripes that stretch from the petiole to the rachis of the frond.

***Neopestalotiopsis* sp.** The symptoms were observed mainly in the petiole. The external part displays a dark brown color, mainly at the sides of the petiole (Figure 3 e). Regarding internal symptoms, a light brown color appears with a dark brown to black margin (transition zone) (Figure 3 f). As the symptoms progress, the entire internal tissue is affected, and black acervuli develop in the diseased tissue.

***Alternaria alternata*.** The symptoms were dieback of leaflets (from the tip to the base of the leaflet).

el ápice de la fronda (Figura 3 a). Los síntomas internos, manifiestan una pudrición del cogollo con olor desagradable, el peciolo y raquis en etapas iniciales presentan una decoloración de color café oscuro al igual que en el caso del cogollo, en estados avanzados (muerte de frondas) la decoloración es más opaca. El signo indicativo de la presencia de la pudrición rosa, son las abundantes masas de esporas de color salmón o rosa sobre los tejidos infectados (Figura 3 b). En algunos casos la pudrición rosa causa síntomas externos que se distinguen por la decoloración lateral del peciolo y raquis.

***Lasiodiplodia* sp.** Los síntomas fueron, muerte de frondas que progresa desde las más viejas hacia las hojas más jóvenes, adquieren una coloración verde pálido a café claro. Las hojas permanecen adheridas a la palma conservando su estructura natural, a diferencia de las palmeras infectadas con *N. vermoesenii*. En síntomas iniciales a intermedios, los folíolos presentan una muerte descendente (de la punta hacia la base), síntoma conocido como tizón (Figura 3 c) y la zona de avance (margen entre el tejido sano y enfermo) presenta una coloración verde olivo a café claro y de apariencia húmeda. Sus síntomas internos son en el peciolo y raquis, en etapas iniciales presentaron áreas de color café oscuro inicialmente en los lados (Figura 3 d), en estados avanzados la coloración se extiende hacia todos los tejidos internos, finalmente cuando las frondas mueren se presenta una coloración negra. En ocasiones, en la parte externa se presentan líneas de color café claro que van desde el peciolo al raquis de la fronda.

***Neopestalotiopsis* sp.** Los síntomas se observaron principalmente en peciolo. En la parte externa se presenta una coloración café oscuro, esto principalmente a los lados del peciolo (Figura 3 e). Respecto a los síntomas internos, se presenta una

In advanced stages, the symptoms appear as blight, covering the entire leaf, leaflets become light brown (Figure 3 g), in the transition between the healthy and diseased tissue, a darker color appears (Figure 3 h e i), and in this zone over the tissue is where the conidia, characteristic of this pathogen, appear.

Phoma glomerata. Symptoms were mainly observed in leaflets and, to a lesser extent, in the rachis. In the leaflets, light brown circular spots surrounded by a dark brown margin (Figure 3 j), whereas in later stages, the lesions grew in size and coalesced, forming longer spots (Figure 3 k). In the rachis, circular spots develop, similar in color to the case of the leaflets (Figure 3 l), and in the lesions, light brown pycnidia are developed.

***Serenomyces* sp.** Symptoms were mainly observed in the petiole and rachis. They begin with slightly sunken, moist-looking spots, bright brown in the center and circumscribed by maroon margins. In later stages, the spots coalesce and form maroon lines, either in the middle part or on the sides of the petiole and rachis (Figure 3 m and n), and on the diseased tissue in a moist chamber, dark brown to black, semi-sunken perithecia develop, with a long neck through which the light brown ascospores are expelled (Figure 3 o).

Little investigation has been carried out on phytopathogenic fungi that affect the Canary Island date palm (*P. canariensis*), despite being a very important ornamental species. Worldwide, this palm species has presented diseases such as pink palm rot, caused by the fungus *Nalanthamala vermoesenii* (syn. *Penicillium vermoesenii*; *Gliocladium vermoesenii*), which is widely distributed in temperate, Mediterranean and subtropical climates in Spain, Egypt, Australia, Belgium, Congo, Czech Republic, India, Japan, New Zealand, Russia, South Africa, the United Kingdom, United States,

decoloración café claro con un margen (zona de avance) de color café oscuro a negro (Figura 3 f), a medida que avanzan los síntomas, la totalidad del tejido interno se ve afectado y en el tejido enfermo se desarrollan acérvulos de color negro.

Alternaria alternata. Los síntomas fueron muerte descendente de folíolos (de la punta hacia la base del folíolo), en estados avanzados los síntomas se presentan como atizonamiento abarcando la totalidad del área foliar, los folíolos adquieren una coloración café claro (Figura 3 g), en la zona de avance (transición entre el tejido sano y enfermo) se presenta una coloración más oscura (Figura 3 h e i), asimismo, en esta zona sobre el tejido se desarrollan los conidios característicos de este patógeno.

Phoma glomerata. Los síntomas se observaron principalmente en folíolos y en menor medida en el raquis. En los folíolos se desarrollan inicialmente manchas circulares de color café claro, delimitadas por un margen marrón a café oscuro (Figura 3 j), en estados avanzados, las lesiones crecen en tamaño y coalescen formando manchas más alargadas (Figura 3 k), en el raquis se desarrollan manchas circulares, similares en coloración que en el caso de los folíolos (Figura 3 l), en las lesiones se desarrollaron picnidios de color café claro.

***Serenomyces* sp.** Los síntomas se observaron principalmente en peciolo y raquis, inician con manchas de apariencia húmeda, poco hundidas, de color café brillante en el centro y delimitadas por márgenes de color marrón. En estados avanzados, las manchas coalescen y forman líneas de color marrón ya sea en la parte media o a los lados del peciolo y raquis (Figura 3 m y n) y en cámara húmeda, sobre el tejido enfermo se desarrollan peritecios seminmersos de color café oscuro a

Greece (Ligoxigakis *et al.*, 2013; Mohamed *et al.*, 2016).

Likewise, three species of *Fusarium* have been reported: *F. oxysporum* f. sp. *canariensis*, causal agent of wilting by *Fusarium*, present in France, Italy, Japan, United States, Argentina, Australia, Canary Islands, Greece and Spain (Elena, 2004; Palmucci, 2005; Hernández *et al.*, 2010). *Fusarium proliferatum*, the causal agent of wilting by *Fusarium*, syndrome of sudden decline, present in the Canary Islands and Spain (Hernández *et al.*, 2010). *F. oxysporum* f. sp. *palmarum*, causal agent of wilting by *Fusarium*, lethal death, present mainly in the United States, in the state of Florida (Elliott *et al.*, 2010; Elliott, 2011).

In Mexico, this investigation is the first study focused on the identification of the associated agents with the decline and death of *P. canariensis* palms in Mexico City. The study reveals 11 fungal species via the sampling and diagnosis, as the agents related to the trunk, petiole, rachis and leaflets. *Alternaria alternata* and *Phoma glomerata* were mainly isolated from diseased leaflets, and the former coincides with reports by Maitlo *et al.* (2014), except for the fact that these authors isolated them from *Phoenix dactylifera*. In the case of *Phoma*, other species have been isolated from leaflets such as *Phoma* sp. (Abdullah *et al.*, 2010) and *Phoma ucladium* (Maitlo *et al.*, 2014), as well as in *P. dactylifera*. It is worth pointing out that the present investigation also isolated *A. alternata* and *P. glomerata* from the trunk, which has not been reported by any other author to date. Regarding the fungi that were most frequently isolated from petiole and rachis, that is, *N. vermoesonii*, *Lasiodiplodia* sp., *Neopestalotiopsis* sp., and *Phomopsis* sp., in the case of *N. vermoesonii*, this coincides with reports by Mohamed *et al.* (2016), Ligoxigakis *et al.* (2013), who also isolated this species of petiole and rachis in *P. canariensis*. In regard to *Lasiodiplodia*

negro, con cuello largo por donde son expulsadas las ascosporas de color café claro (Figura 3 o).

Existe poca investigación respecto a los hongos fitopatógenos que afectan a la Palma Canaria (*P. canariensis*) a pesar de ser una especie de gran importancia ornamental. A nivel mundial, en esta especie de palma se han reportado enfermedades como la pudrición rosa de las palmas, causada por el hongo *Nalanthamala vermoesonii* (syn. *Penicillium vermoesonii*; *Gliocladium vermoesonii*) la cual se encuentra ampliamente distribuida en climas templados, mediterráneos y subtropicales en España, Egipto, Australia, Bélgica, Congo, República Checa, India, Japón, Nueva Zelanda, Rusia, Sudáfrica, Reino Unido, Estados Unidos, Grecia (Ligoxigakis *et al.*, 2013; Mohamed *et al.*, 2016).

Asimismo, se han reportado tres especies de *Fusarium*: *F. oxysporum* f. sp. *canariensis*, agente causal de la marchitez por *Fusarium*, presente en Francia, Italia, Japón, Estados Unidos, Argentina, Australia, Islas Canarias, Grecia y España (Elena, 2004; Palmucci, 2005; Hernández *et al.*, 2010). *Fusarium proliferatum*, agente causal de la marchitez por *Fusarium*, síndrome del declinamiento súbito, presente en Islas Canarias y España (Hernández *et al.*, 2010). *F. oxysporum* f. sp. *palmarum*, agente causal de la marchitez por *Fusarium*, muerte letal, presente principalmente en Estados Unidos, en el estado de Florida (Elliott *et al.*, 2010; Elliott, 2011).

En México, esta investigación representa el primer estudio enfocado en identificar los agentes asociados al declinamiento y muerte de palmas de *P. canariensis* en la Ciudad de México, el estudio reveló 11 especies de hongos mediante el muestreo y diagnóstico de los agentes asociados a tronco, peciolo, raquis y foliolos. *Alternaria alternata* y *Phoma glomerata* fueron aislados principalmente de foliolos enfermos, en el caso de la primera coincide

sp., our results only coincide with reports by Santos *et al.* (2020), who isolated *L. theobromae* and *L. pseudotheobromae* from rachis (among other tissues) from *Cocos nucifera*. These and other species of this fungus have been isolated from *P. dactylifera* such as *L. hormozganensis* and *L. theobromae* from roots (Al-Hammadi *et al.*, 2019); *L. theobromae* from *P. dactylifera* and *P. hanceana* from unspecified tissue (Farr and Rossman, 2020), from leaves of *Cocos nucifera* (Ramjegathesh *et al.*, 2019) and the pod of the leaf of *P. roebelenii*. In Germany *L. brasiliensis*, *L. euphorbicola*, *L. lodoiceae* and *L. mexicanensis* were found in leaves from Mexico of the palm species *Chamaedorea elegans*, *C. metallica*, *C. seifrizii*, *Dypsis lutescens* and *Lodoicea maldivica* (Douanla and Scharnhorst, 2021). *Neopestalotiopsis* sp. has been reported in oil palm with the species *N. saprofitica* (Ismail *et al.*, 2017).

Out of the least frequently isolated species, it is worth mentioning the presence of *Fusarium* in rachis and trunk, unlike reports by Vergara *et al.* (2023), where the most frequently isolated fungi were *F. incarnatum*, *F. verticillioides* and *F. solani*, and in which the latter was pointed out as the cause of the regressive death of *Phoenix canariensis* in urban areas of Querétaro, Mexico. This fungus is considered one of the most devastating for date palm in the United Arab Emirates (Alwahshi *et al.*, 2019), and it causes different diseases called sudden decline and wilting syndrome from *Fusarium*, attributed to *Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum* and *F. solani*; vascular fusariosis or Bayoud's disease, caused by *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*, found in northern Africa, and which caused the death of around two thirds of the date palm plants (Tantaoui *et al.*, 1996); wilting by *Fusarium*, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*, is the main cause of disease in *P. canariensis* and other palm species in the Canary

con lo reportado por Maitlo *et al.* (2014), solo que estos autores los aislaron de *Phoenix dactylifera*. En el caso de *Phoma*, otras especies han sido aisladas de foliolos como *Phoma* sp. (Abdullah *et al.*, 2010) y *Phoma ucladium* (Maitlo *et al.*, 2014) también en *P. dactylifera*. Cabe señalar que en la presente investigación también se aisló a *A. alternata* y *P. glomerata* de tronco, lo cual a la fecha no ha sido reportado por otros autores. En el caso de los hongos que se aislaron con mayor frecuencia de peciolo y raquis, esto es, *N. vermoesonii*, *Lasiodiplodia* sp., *Neopestalotiopsis* sp., y *Phomopsis* sp., para el caso de *N. vermoesonii* coincide con lo reportado por Mohamed *et al.* (2016), Ligoxigakis *et al.* (2013) quienes también aislaron a esta especie de peciolo y raquis en *P. canariensis*. En lo que respecta a *Lasiodiplodia* sp., nuestros resultados solo coinciden con lo reportado por Santos *et al.* (2020) quienes aislaron a *L. theobromae* y *L. pseudotheobromae* de raquis (entre otros tejidos), pero de *Cocos nucifera*; estas y otras especies de este hongo han sido aisladas de *P. dactylifera* como *L. hormozganensis* y *L. theobromae* de raíz (Al-Hammadi *et al.*, 2019); *L. theobromae* de *P. dactylifera* y *P. hanceana* sin especificar el tejido (Farr y Rossman, 2020), de hojas de *Cocos nucifera* (Ramjegathesh *et al.*, 2019) y de la vaina de la hoja de *P. roebelenii*. En Alemania se detectó a *L. brasiliensis*, *L. euphorbicola*, *L. lodoiceae* y *L. mexicanensis* en follaje procedente de México de las especies de palma *Chamaedorea elegans*, *C. metallica*, *C. seifrizii*, *Dypsis lutescens* y *Lodoicea maldivica* (Douanla and Scharnhorst, 2021). *Neopestalotiopsis* sp., ha sido reportada en palma de aceite con la especie *N. saprofitica* (Ismail *et al.*, 2017).

De las especies aisladas con menor frecuencia, resulta importante mencionar la presencia de *Fusarium* en raquis y tronco, caso contrario a lo reportado por Vergara *et al.* (2023), donde los

Islands (Hernández *et al.*, 2010). In addition, during this investigation, the identification and *in vitro* planting of *Serenomyces* sp., isolated from the petiole and rachis of *P. canariensis*, becomes important, which coincides with reports by Elliott and Jardin (2006) and Elliott and Jardin (2014), who also isolated this fungus from the petiole and rachis of the same palm species, except in Florida, United States, where it causes the disease known as chlorosis and necrosis of the petiole and rachis. Based on the most frequent fungi, *Nalanthamala vermoesonii* and *Lasiodiplodia* sp. were related to the decline and death of palms in Mexico City, and less frequently, *Neopestalotiopsis* sp., *Serenomyces* sp., *Alternaria alternata* and *Phoma glomerata*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Secretariat of Education, Science, Technology and Innovation (SECTEI) of Mexico City for supporting the project PM214031(893) "Agents Associated to the Decline and Death of Palms in Mexico City". Thanks also go to the Secretariat of the Environment (SEDEMA) of Mexico City, as well as to Ricardo Serrano for the support provided for the field work.

LITERATURE CITED

- Abdullah SK, Lopez LLV and Jansson HB. 2010. Diseases of date palms (*Phoenix dactylifera* L.). Basrah Journal for Date Palm Research 9:1-44.
- Al-Hammadi MS, Al-Shariqi R, Maharachchikumbura SSN and Al-Sadi AM. 2019. Molecular identification of fungal pathogens associated with date palm root diseases in the United Arab Emirates. Journal of Plant Pathology 101:141-147. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0089-8>
- Alwahshi K, Saeed E, Sham A, Alblooshi A, Alblooshi M, El-Tarabily K and AbuQamar S. 2019. Molecular identification and disease management of date palm sudden decline syndrome in the United Arab Emirates. International Journal of Molecular Sciences 20(4):923. <https://doi.org/10.3390/ijms20040923>
- Barr ME, Ohr HD, Murphy MK and Barr ME. 1989. The Genus *Serenomyces* on Palms 81(1): 47-51.

hongos de mayor frecuencia aislados fueron *F. incarnatum*, *F. verticillioides* y *F. solani*, señalando este último como causante de la muerte regresiva de *Phoenix canariensis* en áreas urbanas en Querétaro, México. Este hongo es considerado como uno de los más devastadores de la palma datilera en los Emiratos Árabes Unidos (Alwahshi *et al.*, 2019), causa diferentes enfermedades denominadas como: síndrome del declinamiento súbito y marchitez por *Fusarium* atribuidos a *Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum* y *F. solani*; fusariosis vascular o enfermedad de Bayoud, causada por *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*, presente en el norte de África y que causó la muerte de alrededor de dos terceras partes de las plantas de palma datilera (Tantaoui *et al.*, 1996); marchitez por *Fusarium* causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*, es la principal causa de enfermedad en *P. canariensis* y otras especies de palmas en las Islas Canarias (Hernández *et al.*, 2010). También, durante esta investigación, cobra importancia la identificación y cultivo *in vitro* de *Serenomyces* sp., aislado de peciolo y raquis de *P. canariensis*, lo cual coincide con lo reportado por Elliott and Jardin (2006) y Elliott y Jardin (2014) quienes también aislaron a este hongo de peciolo y raquis de la misma especie de palma, solo que, en Florida, Estados Unidos, en donde causa la enfermedad denominada clorosis y necrosis de peciolo y raquis. Se asociaron al declinamiento y muerte de palmeras en la ciudad de México, con base a los hongos de mayor frecuencia a *Nalanthamala vermoesonii* y *Lasiodiplodia* sp., de menor frecuencia *Neopestalotiopsis* sp., *Serenomyces* sp., *Alternaria alternata* y *Phoma glomerata*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI) por el apoyo al proyecto: PM214031(893)

- Barrow SC. 1998. A Monograph of *Phoenix* L. (Palmae: Coryphoideae). Kew Bulletin 53(3):513-575. <https://doi.org/10.2307/4110478>
- Blair SA, Koeser AK, Knox GW, Roman LA, Thetford M and Hilbert DR. 2019a. Health and establishment of highway plantings in Florida (United States). Urban Forestry and Urban Greening 43:126384.
- Blair SA, Koeser AK, Knox G, Roman LA and Thetfor M. 2019b. Visual health assessment for palms. Urban Forestry and Urban Greening 41: 195-200.
- Bond J. 2012. Urban tree health: a practical and precise estimation method. Urban Forest Analytics. Geneva. NY.
- Douanla MC and Scharnhorst A. 2021. Palm Foliage as Pathways of Pathogenic Botryosphaeriaceae Fungi and Host of New *Lasiodiplodia* Species from Mexico. Pathogens 10:1297. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101297>
- Elena K. 2004. Fusarium wilt of *Phoenix canariensis*: first report in Greece. New Disease Reports 10:31.
- Elliott ML. 2011. First Report of Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *palmarum* on Canary Island Date Palm in Florida. Plant Disease 95(3):356-356. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-10-0851>
- Elliott ML, Des JEA, O'Donnell K, Geiser DM, Harrison NA and Broschat TK. 2010. *Fusarium oxysporum* f. sp. *palmarum*, a novel forma specialis causing a lethal disease of *Syagrus romanzoffiana* and *Washingtonia robusta* in Florida. Plant Disease 94:31-8.
- Elliott ML and Jardin EAD. 2006. First report of a *Serenomyces* sp. From *Copernicia* × *burretiana*, *Latania loddigesii*, and *Phoenix canariensis* in Florida and the United States. Online. Plant Health Progress. <https://doi.org/10.1094/PHP-2006-1213-02-BR>.
- Farr DF and Rossman AY. 2020. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved November 20th, 2019, from <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
- Hernández J, Espino A, Rodríguez RJM, Pérez SA, León M, Abad CP and Armengol J. 2010. Survey of diseases caused by *Fusarium* spp. on palm trees in the Canary Islands. Phytopathologia Mediterranea 49:84-88.
- Ismail SI, Zulperi D and Norddin S. 2017. First Report of *Neopestalotiopsis saprophytica* causing leaf spot of oil palm (*Elaeis guineensis*) in Malaysia S. 0282, 3–6.
- Ligoxigakis EK, Papaioannou IA, Markakis EA and Typas AM. 2013. First report of pink rot of *Phoenix* and *Washingtonia* species caused by *Nalanthamala vermoesenii* in Greece. Plant Disease 97(2):285-285. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0725-PDN>
- Maitlo WA, Markhand GS, Abul SAA, Lodhi AM and Jatoi MA. 2014. Fungi associated with sudden decline disease of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) and its incidence at Khairpur, Pakistan. Pakistan Journal of Phytopathology 26:67-73.
- Mohamed HW, Ezzat M, Shaker AR and Abdelwahed SS. 2016. First record and disease management of pink rot in cocos palm trees in Egypt. Der Pharmacia Lettre 8(10):27-31.
- “Agentes Asociados a la declinación y muerte de palmas de la ciudad de México”. A la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) y a Ricardo Serrano, por el apoyo en el trabajo de campo.
- ~~~~~ Fin de la versión en Español ~~~~~
- Palmucci HE. 2005. *Fusarium oxysporum* causal agent of wilt on crop fields of *Phoenix canariensis* in Buenos Aires Province, Argentina. New Disease Reports 12:5.
- Rafiqi M, Jelonek L, Diouf AM, Mbaye A, Rep M and Diarra A. 2022. Profile of the *in silico* secretome of the palm dieback pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, a fungus that puts natural oases at risk. PLoS ONE 17(5):e0260830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260830>
- Ramjagathesh R, Johnson I, Hubballi M and Maheswarappa HP. 2019. Characterization of *Lasiodiplodia theobromae* causing leaf blight disease of coconut. Journal of Plantation Crops 47(2):62-71. <https://doi.org/10.25081/jpc.2019.v47.i2.5763>
- Rangel MEA, Paolinelli M, Rolshausen PE, Valenzuela SC ND and Hernández MR. 2021. Characterization of *Lasiodiplodia* species associated with grapevines in Mexico. *Phytopathologia Mediterranea* 60(2): 237–251. <https://doi.org/10.36253/phyto-12576>
- Rivera D, Obón C, Alcaraz F, Egea T, Carreño E, Laguna E, Santos A and Wildpret W. 2013. A review of the nomenclature and typification of the Canary Islands endemic palm, *Phoenix canariensis* (Arecaceae). Taxon 62:1275-1282. <https://doi.org/10.12705/626.17>
- Santos PHD, Carvalho BM, Aredes FAS, Mussi-Dias V, Pinho DB, Pereira MG and da Silveira SF. 2020. Is *Lasiodiplodia theobromae* the only species that causes leaf blight disease in Brazilian coconut palms? Tropical Plant Pathology. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00344-x>
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México). 2022. Informa Sedema sobre atención a palmeras de la Ciudad de México. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/informa-sedema-sobre-atencion-palmeras-de-la-ciudad-de-mexico>
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México). 2021. Sustituye Sedema palmeras muertas en avenida de las Palmas. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/sustituye-sedema-palmeras-muertas-en-avenida-de-las-palmas>
- Spennemann DHR. 2018. Geographical distribution of four key ornamental and production palm species *Phoenix canariensis*, *P. dactylifera*, *Washingtonia filifera* and *W. robusta*; Institute for Land, Water and Society, Charles Sturt University: Albury, NSW, Australia.
- Tantaoui A, Quinten M, Geiger JP and Fernandez D. 1996. Characterization of a single clonal lineage of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* causing Bayoud disease of date

- palm in Morocco. *Phytopathology* 86:787-792. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-787>.
- Troncoso RR, and Tiznado HME. 2014. *Alternaria alternata* (Black Rot, Black Spot). In *Postharvest Decay: Control Strategies*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411552-1.00005-3>
- Vergara PS, Landeros JF, Malda BG, Huerta CH, Esquivel NU, Caltzonzin FK and Pacheco AJR. 2023. Associated pathogens to the regressive death of Canary palm (*Phoenix canariensis*) at urban areas of Queretaro, Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology* 41(1). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2207-4>