



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA MUERTE
DESCENDENTE DE HOJAS DE YUCA (*Yucca filifera*)

TESIS QUE COMO TRÁMITE PARA LA EVALUACIÓN PROESIONAL DE
LA LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

CASTILLO ESCOBEDO VÍCTOR HUGO
(37ª GENERACIÓN, NÚMERO DE CUENTA 0925566)

ASESORES EXTERNOS
DRA. MAGNOLIA MORENO VELAZQUEZ
DR. ANDRÉS QUEZADA SALINAS

ASESOR INTERNO
DR. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE



CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO PIEDRAS
BLANCAS MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉX, OCTUBRE DE 2019

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVO E HIPÓTESIS	3
2.1. Objetivo	3
2.2. Hipótesis	3
III REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Uso de la Yuca (<i>Yucca filifera</i>)	4
3.2 Clasificación taxonómica de <i>Yucca filifera</i>	12
3.3 Distribución de <i>Yucca filifera</i> en México	19
3.4 Enfermedades en <i>Yucca filifera</i>	20
3.5 Organismos fungosos asociados a la Yuca	22

IV	MATERIALES Y MÉTODOS	28
4.1.	Descripción de la zona de estudio	28
4.2	Muestreo y colecta de material vegetal	28
4.3.	Procesamiento del material vegetal	29
4.4.	Aislamiento del hongo patógeno	29
4.5	Identificación morfométrica	30
4.6	Micrografías en microscopio electrónico (ME)	30
4.7	Identificación Molecular	30
4.8	Extracción de ADN	31
4.9	Amplificación por PCR	33
4.10	Purificación y cuantificación de los productos amplificados	36
4.11	Secuenciación	36
4.12	Pruebas de patogenicidad	37
V	RESULTADOS	38
5.1	Descripción de síntomas y signos	38
5.2	Identificación morfométrica en tejido vegetal	44
5.3	Características de la colonia en medio de cultivo	49
5.4	Micrografías en microscopio electrónico (ME)	51
5.5	Extracción de ADN	53

5.6	Identificación molecular de <i>Kellermania macrospora</i>	53
5.7	Secuencia obtenida	54
5.8	Pruebas de patogenicidad	55
5.9	Clasificación NCBI	57
VI	DISCUSIÓN	58
VII	CONCLUSIÓN	62
VIII	LITERATURA CITADA	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Preparación de la mezcla de reacción para el ensayo de PCR	34
Cuadro 2 Programación del termociclador	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Plantas de <i>Yucca filifera</i>	6
Figura 2 Muerte descendente en <i>Yucca filifera</i>	7
Figura 3 Síntomas y signos del hongo en hoja de <i>Yucca filifera</i>	8
Figura 4 Uso alimenticio de <i>Yucca filifera</i>	9
Figura 5 Fabricación de hilos, cuerdas y tela con <i>Yucca filifera</i>	9
Figura 6 Uso ornamental de <i>Yucca filifera</i>	10
Figura 7 Uso farmacéutico	11
Figura 8 Tallo dañado de <i>Yucca filifera</i>	21
Figura 9 Pudrición negra de la hoja causada por <i>Botryodiplodia</i> sp.	23
Figura 10 Hoja con <i>Botryodiplodia theobromae</i>	24
Figura 11 Tallo con <i>Dothiorella</i> spp. en aguacate.	25
Figura 12 Hoja con <i>Alternaria</i> sp.	26
Figura 13 Planta de <i>Yucca filifera</i>	39
Figura 14 Plantas de <i>Yucca filifera</i> con síntomas de muerte descendente en hojas	40
Figura 15 Síntoma de muerte descendente y formación de cuerpos fructíferos en la punta (A) y parte media de la hoja de <i>Yucca filifera</i> (B).	41
Figura 16 Síntomas y estructuras reproductivas de muerte descendente en el área total de la hoja de <i>Yucca filifera</i> .	42
Figura 17 Tejido vegetal con síntomas y signos de muerte descentente en hojas de <i>Yucca filifera</i> .	43
Figura 18 Picnidios de color negro de <i>Kellermania macrospora</i> en hojas	45

	con síntomas de muerte descendente en <i>Yucca filifera</i> .	
Figura 19	Picnidios de <i>Kellermania macrospora</i> inmersos en hojas con síntomas de muerte descendente en <i>Yucca filifera</i> .	46
Figura 20	Conidioforos de <i>Kellermania macrospora</i> dispuestos alrededor de la cavidad interna del picnidio desarrollado en hojas con síntomas de muerte descendente en <i>Yucca filifera</i> .	47
Figura 21	Conidios de <i>Kellermania macrospora</i> desarrollados picnidios presentes en hojas con síntomas de muerte descendente en <i>Yucca filifera</i> .	48
Figura 22	Características de la colonia de <i>Kellermania macrospora</i> desarrollada en medio de cultivo PDA.	49
Figura 23	Picnidio de <i>Kellermnia macrospora</i> en tejido vegetal de hoja de <i>Yucca filifera</i> , colocada en cámara húmedad y desarrollo de masas de conidios y cirros.	50
Figura 24	Características superficiales de los conidios de <i>Kellermnia macrospora</i> en tejido vegetal de hoja de <i>Yucca filifera</i> , colocada en cámara húmedad.	52
Figura 25	Planta inoculada con conidios de <i>K. Macrospora</i> expresando síntomas de muerte descendente y cuerpos fructíferos en el ápice de la hoja de <i>Yucca filifera</i> a los 25 días después de la inoculación.	56

RESUMEN

DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA MUERTE DESCENDENTE DE HOJAS EN YUCA (*Yucca filifera*)

Víctor Hugo Castillo Escobedo. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores externos

Dra. Magnolia Moreno Velázquez

Dr. Andrés Quezada Salinas

Asesor interno

Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale

Campus Universitario "El Cerrillo", Toluca, México

Yucca filifera es una especie representativa de la flora de las zonas áridas de México. Tiene varios usos importantes, como planta de ornato, reforestación en avenidas de zonas urbanas, obtención de alcohol, alimento en ganado, conejos y aves, como materia prima en la industria farmacéutica para fabricación de hormonas, para la obtención de fibras de muy buena calidad en la industria textil, entre otros. Recientemente se han observado plantas con síntomas de muerte descendente en hojas de *Yucca filifera* en distintas regiones de México, pero hasta el momento se desconoce el agente patogénico involucrado, que pone en riesgo esta planta. Con el objetivo de determinar e identificar morfológica y

molecularmente el agente causal de la muerte descendente de las hojas en *Yucca filifera* en Peña de Bernal, Qro. De las muestras de hoja con síntomas de muerte descendente se tomaron fragmentos de un cm², previamente desinfestado se sembró en medio papa dextrosa agar e incubó a 25 °C. Cuatro días después del crecimiento inicial de las muestra sembradas, se realizó cultivos monoconidiales en PDA. Del hongo obtenido, se realizó la descripción morfológica con la técnica de microscopia electrónica. Posteriormente se realizó el análisis molecular y aplicación de los postulados de Koch. Se llegó a la conclusión de que el agente causal de la muerte descendente de *Yucca filifera* corresponde etiológica, morfológica y molecularmente al hongo *Kellermania macrospora*.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE CAUSAL AGENT OF DIEBACK DISEASE IN YUCCA LEAVES (*Yucca filifera*)

Víctor Hugo Castillo Escobedo. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

External advisors

Dra. Magnolia Moreno Velázquez

Dr. Andrés Quezada Salinas

Internal advisor

Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale

“El Cerrillo” Campus, Toluca, México

Yucca filifera is a representative species of the flora of the arid regions of Mexico. It has several important uses, including as an ornamental plant, for reforestation on streets in urban areas, alcohol production, feed for livestock, birds and rabbits, as a raw material in the pharmaceutical industry for the production of hormones, extraction of high quality fibers for the textile industry, among others. Recently, plants with symptoms of dieback disease have been observed in leaves of *Yucca filifera* in different regions of Mexico, but until now the pathogenic agent involved was unknown, which jeopardizes this plant. In order to morphologically and molecularly determine and identify the causal agent of

dieback disease in *Yucca filifera* leaves in Peña de Bernal, Querétaro. A 1 cm² fragment was taken from leaves showing symptoms of dieback disease (disinfected prior to sampling) and inoculated onto potato dextrose agar (PDA) and incubated at 25 °C. Four days later, after the initial growth of the inoculated samples, monoconidial cultures were carried out in PDA. The fungus obtained was described morphologically using the electron microscopy technique. Then, molecular analysis was done and Koch's postulates applied. The causal agent of dieback disease in *Yucca filifera* was concluded to correspond etiologically, morphologically, and molecularly with the fungus *Kellermania macrospora*.

I. INTRODUCCIÓN

Conocida como izote, palma china o palma corriente, *Yucca filifera* es una especie representativa de la flora de las zonas áridas de México (Granados-Sánchez y López-Rios, 1998); se utiliza como planta de ornato y para reforestar algunas avenidas.

En algunas zonas, la planta se usa para construir corrales en pequeños poblados o como cercos vivos en las zonas áridas. Destilando los tallos tiernos se obtiene alcohol. También se usa como leña para uso doméstico y alimento para ganado, conejos y aves; el fruto se ha probado como alimento para conejo de la raza Nueva Zelanda, combinando en 50% de alimento balanceado comercial y 50% de fruto. También se obtienen productos que se usan como materia prima en la industria farmacéutica para la fabricación de hormonas, donde destaca por su cantidad de zarzapogenina empleada para elaboración de anticonceptivos. Las hojas son materia prima para la obtención de fibras de buena calidad en la industria textil.

Son muchos los factores que inciden en la producción de yuca como en cualquier otro cultivo, pero entre ellos destacan las enfermedades como uno de los actores que más la limitan (Booth, 1972), así como las de tipo cuarentenario a otro país o región que limitan el comercio internacional.

La yuca puede ser atacada por más de 30 agentes bacterianos, fungosos, virales y fitoplasmas. Las enfermedades pueden ocasionar pérdidas en el establecimiento del cultivo, disminuir el vigor de las plantas, reducir su capacidad fotosintética o causar pudriciones de la raíz, ya sea anterior o posterior a la cosecha. Algunos patógenos atacan sólo el tallo, que es el material de propagación. Otros atacan el tejido foliar y las partes tiernas del tallo causando manchas, tizones, defoliaciones, marchitez, muerte descendente e hipertrofias (alargamiento exagerado o proliferación de tejidos). Otros sólo atacan el tejido radical y la parte basal leñosa del tallo, causando pudriciones en la raíz anteriores a la cosecha. Estos síntomas pueden ocurrir durante cualquier estado de crecimiento de la planta, generalmente en épocas de lluvias fuertes y persistentes (Booth, 1972).

Aunado a lo anterior, en fechas recientes, se han observado plantas con síntomas de muerte descendente en hojas de *Yucca filifera* en diversas regiones de México, pero hasta el momento se desconoce el agente patogénico involucrado.

II. OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo

Determinar e identificar morfológica y molecularmente el agente causal de la muerte descendente de las hojas de *Yucca filifera*

2.2. Hipótesis

El agente causal de la muerte descendente de hojas en *Yucca filifera*, se puede determinar con el uso de técnicas de microscopia, moleculares y aplicación de los postulados de Koch.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Uso de la Yuca (*Yucca filifera*)

Las yucas constituyen uno de los géneros de plantas ornamentales y de la flora representativa de las zonas áridas de México; con las hojas se fabrica hilo, cuerdas y tela; las flores en botón y pedúnculos florales, tanto crudos como cocidos, se utilizan para el consumo humano (Figura 4) (Mora-Olivo *et al.* 2009). Los frutos, denominados dátiles, como los de las verdaderas palmas, también son comestibles antes de que lleguen a su madurez ya sea crudos, fritos o tostados; también sirven de alimento para algunos insectos y otros animales de la fauna silvestre (Piña, 1980). Además, a partir de los frutos secos de algunas especies, los habitantes de diversas regiones obtienen subproductos como harina y bebidas alcohólicas.

Otros usos que le dan a la planta es en la cestería (uso de las fibras de las hojas), cordelería y jarcería (fabricación de cordeles, sacos y bolsas de mano con la fibra de las hojas), tejido artesanal (las fibras se emplean en la confección de esteras, sandalias y plantillas para alpargatas), relleno de muebles (las fibras de algunas especies se usan para hacer acojinados y rellenos), fabricación de escobas y cepillos (Figura 5), sustitutos del jabón (las hojas y raíces se utilizan como

sustituto de jabón), usos medicinales (laxante, la infusión de semillas es utilizada como purgante), forraje, construcción (de chozas y cercos), combustible, en la industria farmacéutica, contribuyen a la protección del suelo contra la erosión y favorecen la retención del agua (Piña, 1980).

Sin embargo, ante la falta del establecimiento de plantaciones comerciales, la explotación de las especies de *Yucca* se realiza a partir de las poblaciones silvestres (Servin *et al.*, 2006). Estos diferentes usos destacan la importancia del género, y algunas familias de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, basan gran parte de su economía en la producción de fibra extraída de las hojas tiernas o cogollos de *Y. carnerosana* (Piña, 1980). De los usos anteriores, la parte esponjosa de los tallos se usa en el relleno de cojines para bestias de carga; las partes tiernas de los tallos, la base de las hojas jóvenes y las inflorescencias inmaduras se utilizan en ciertas zonas como alimento humano y para animales (principalmente ganado vacuno y caprino, conejos y aves); las hojas se usan a manera de techo de chozas, cocinas y jacales; así también en algunas regiones, las paredes de las habitaciones de los campesinos están hechas con troncos; esta planta presenta características de resistencia a la sequía, por lo cual, se utiliza en plantaciones y reforestaciones en zonas áridas (Matuda y Piña, 1980; Nava *et al.* 1980; Boeuf, 2005; Sotelo *et al.*, 2007; Mora-Olivo *et al.*, 2009).



Figura 1. Plantas de *Yucca filifera*

Fuente propia.



Figura 2. Muerte descendente en *Yucca filifera*

Fuente propia.



Figura 3. Síntomas y signos del hongo en hoja de *Yucca filifera*

Fuente propia.



Figura 4. Uso alimenticio de *Yucca filifera*

Fuente: Portal inmobiliario (2019)



Figura 5. Fabricación de hilos, cuerdas y tela con *Yucca filifera*

Fuente: Conafor (2019)



Figura 6. Uso ornamental de *Yucca filifera*

Fuente: MEDIPALM (2019).

a)



Fuente: Gmp factory (2019).

b)



Figura 7. Uso farmacéutico

Fuente: Nutritienda (2019).

3.2 Clasificación taxonómica de *Yucca filifera*

Claves taxonómicas de las especies mexicanas del género *Yucca* y una descripción de las mismas, fueron llevadas a cabo por Matuda y Piña (1980), además de señalar su importancia económica y distribución nacional.

Piña (1980) mencionó que la familia Agavaceae, especialmente los miembros del género *Yucca*, están entre los más representativos de la flora de Norte América, describiendo, su distribución geográfica desde Canadá hasta América Central y puntualizando sus relaciones ecológicas.

Este género presenta una compleja historia taxonómica. En la actualidad, numerosos autores la incluyen en la familia Agavaceae. Linneo (1757) describe el género, y cita cuatro especies *Yucca foliis integerrimis*, “gloriosa”, *Yucca foliis crenulatis*, “aloifolia”, *Yucca foliis crenatis nutantibus*, “draconis” y *Yucca foliis serratofilamentosis*, “filamentosa”. Desde entonces, ha sido situado en diversas familias. Para comprender la compleja historia taxonómica del género, debemos adentrarnos en la compleja historia taxonómica de la familia *Agavaceae*. Para Verhoek (in Kubitzki, 1998), *Agavaceae* es una familia definida citológicamente, con cinco cromosomas largos y veinticinco cortos. La familia fue propuesta en 1836 por Endlicher, e incluía los géneros *Agave* L. y *Furcraea* Vent. En 1866

fueron incluidos por Salisbury los géneros *Littaea* Taql., *Manfreda* Salisb., *Polianthes* L. y *Yucca* L. incluye el género *Yucca* en la familia Dracaenaceae. En 1911 son incluidas por Lotsy las Agaváceas en las Liliáceas.

Más tarde el grupo fue dividido en dos: incluyéndose en las Dracaenáceas, los géneros *Hesperaloe* Engelm., *Yucca*, *Dasyilirion* Zucc. y *Nolina* Michx., y en las Agaváceas los géneros *Beschorneria* Kunth, *Bravoa* Lex., *Doryanthes* Correa y *Polianthes*, criterio en cuanto al género *Yucca* seguido por ejemplo por Britton & Millspaugh que en su obra en The Bahama Flora, incluyen el género *Yucca* en la familia Dracaenaceae.

En obras de carácter hortícola, Bailey, incluye este género en las Liliáceas, al igual que los dos géneros estrechamente relacionados *Samuela* y *Hesperoyucca* (Engelm.) Baker, junto a otros como *Hesperaloe*, *Nolina*, *Phormium* J. R. Forst. & G. Forst, *Sansevieria* Willd., *Cordyline* Comm. ex Juss., *Dasyilirion*, *Beaucarnea* Lem., y *Dracaena* Vand. ex L. Traub (1953) divide la familia en siete tribus: Tribu Hosteae, que incluye el género *Hosta* Tratt., Tribu Yuceae, con los géneros *Hesperaloe*, *Clistoyucca* (Engelm.) Trel., *Yucca* y *Samuela* (*Hesperoyucca*), Tribu Dracaeneae, con los géneros *Cordyline* y *Cohnia* Kunth, *Dracaena* y *Sansevieria* Thunb., Tribu Phormiae, con el género *Phormium*, Tribu Nolineae, con los géneros *Nolina*, *Calibanus* Rose, *Beaucarnea* y *Dasyilirion*, Tribu Agaveae, con los

géneros *Agave*, *Furcraea*, *Beschorneria* y *Doryanthes*, y Tribu Poliantheae, con los géneros *Polianthes*, *Prochnyanthes* S. Watson y *Pseudobravoia* Rose. Este autor indica que esta clasificación se basa en el texto en Hutchinson, Families of Flowering Plants, de 1934, y Standley, en 1920, además menciona que la Tribu Hosteae era propuesta por primera vez. Según Traub. Hutchinson (1934), presenta una nueva clasificación de las Monocotiledóneas en la cual la familia Agavaceae era propuesta como “a mitad camino entre las Liliaceas y el grupo climax de las Palmae”. Añade este autor que McKelvey & Sax, en 1933, trabajando independientemente, al mismo tiempo lo corroboraron en parte con base citológica, mostraron que *Yucca* y *Agave*, y también *Hesperoyucca*, *Hesperaloe* y *Samuela*, y al menos una especie de *Furcraea* estaban aparentemente relacionadas en la base de la semejanza de sus cariotipos. Whitaker (1934, cf. Traub, 1953) también trabajando independientemente de Hutchinson, combinó los resultados citológicos de trabajos previos con los propios y mostró que los cinco géneros de las *Liliaceae* (*Yucca*, *Hesperoyucca*, *Hesperaloe*, *Clistoyucca*, *Samuela*) y cuatro géneros de las *Amaryllidaceae* (*Agave*, *Furcraea*, *Polianthes*, *Beschorneria*) formaban una unidad distinta que debería estar unida en una futura revisión de estas dos familias. Traub añade “Todos los datos morfológicos y citológicos proveen una base firme para la nueva familia

Agavaceae". Granick estudió el cariotipo de 36 especies de *Agave*, y corroboró y extendió su trabajo de autores previos. Para Cronquist la familia incluía los géneros: *Agave*, *Beucarnea*, *Beschorneria*, *Calibanus*, *Cordyline*, *Dasyilirion*, *Doryanthes*, *Dracaena*, *Furcraea*, *Hesperaloe*, *Manfreda*, *Nolina*, *Polianthes*, *Prochnyanthes*, *Sansevieria* y *Yucca*. En 1985, se produce otra revisión de las monocotiledóneas y las Agaváceas, se quedan con ocho géneros: *Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea*, *Hesperaloe*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes* y *Yucca* (Dahlgren *et al.*, 1985).

Desde un punto de vista infragenérico, Engelmann, en 1873, basándose en los caracteres florales, lo divide en los subgéneros *Euyucca* y *Hesperoyucca*. Por otro lado, tomando como referencia los caracteres del fruto y en los hábitos de las plantas, subdivide *Euyucca* en tres secciones: *Sarcoyucca*, *Clistoyucca* y *Chaenoyucca* (Piña, 1989). En artículos de la época referentes al género, por ejemplo, Duplat (1876), en el Cultivar de la Région Lyonnaise, sigue básicamente la clasificación de este autor, e indica cuatro secciones: *Sarcoyucca*, *Clistoyucca*, *Chaenoyucca*, y *Hesperoyucca*. Baker, en 1880, reconoce básicamente los taxones de Engelmann. Trelease al igual que Engelmann, divide el género en *Euyucca*, que incluye *Sarcoyucca*, *Clistoyucca*, y *Chaenoyucca*) y *Hesperoyucca* que incluye únicamente a *Y. whipplei*, e indica que "Baker, in Kew Bulletin, en enero

de 1892, propone separar ésta de *Yucca*, bajo el nombre genérico de *Hesperoyucca*". Trelease nos cita las principales revisiones taxonómicas hasta 1892 "son por Engelmann, en *Transactions of the St. Louis Academy*, iii, pp. 17, 210 y 371 publicado bajo los auspicios de *The Garden* (in 1877); Baker, en el *Journal of the Linnean Society*, xvii, p. 219, y *Kew Bulletin of Miscellaneous Information*, Jan. 1892, p. 7; y Watson, en the *Proceedings of the American Academy*, xiv, p. 251. Se debe hacer referencia a estos papeles, y a la del Profesor Sargent *Forest Trees of North America*, p. 218, por la sinonimia y bibliografía de cada especie ...". En referencia a su artículo *Notes and Observations, Detail Illustrations of Yucca*, de 1892, indica "Ninguna clasificación general de las Yucas que se conocen actualmente ha sido indicada como la siguiente, la cual representa el punto de vista de Engelmann, excepto porque *Y. filifera* ha sido situada en un rango específico a partir de una variedad de *Y. baccata*, mientras Brandegee ha añadido *Y. valida*, de México, y Baker, ha añadido de los jardines de Riviera a *Y. hanbury*, diciendo que provienen de semilla de Rocky Mountain".

Tras estos trabajos citados por Trelease, destaca la obra de este autor de 1902, su revisión del grupo (tribu) *Yuceae*, en la que cita 5 géneros: *Hesperaloe*, *Hesperoyucca*, *Clistoyucca*, *Yucca* y *Samuela*. A su vez subdivide el género *Yucca*

en tres series. El estudio abarca desde Dakota del Sur, en los Estados Unidos, hasta Centroamérica. Posteriormente suplementa este trabajo con otras publicaciones. Por ejemplo, en *Additions to the genus Yucca* (1907), describe dentro de *Chaenoyucca* a *Y. harrimaniae gilbertiana* Trel., *Y. rostrata linearis* Trel., dentro de *Heteroyucca*, situa *Y. gigantea* Lem. en *Heteroyucca*, describe dentro de *Sarcoyucca* *Y. decipiens* Trel. y *Y. endlichiana* Trel. Sargent, en 1905, reagrupa *Samuela* en el género *Yucca*, sin embargo, Shafer y Standley, en 1920, siguen considerando el género *Samuela* (Piña, 1989). Este último autor, basándose en Trelease, menciona para México los mismos géneros: *Hesperaloe*, *Hesperoyucca*, *Samuela* y *Yucca*, omite *Clistoyucca* porque no llega a México. Britton divide *Yucca* en tres géneros: *Clistoyucca*, *Yucca* y *Samuela*. McKelvey, en trabajos publicados en 1838 y 1947, conserva el género *Hesperaloe* pero fusiona los géneros *Hesperoyucca*, *Clistoyucca* y *Samuela*, en el género *Yucca*. Al mismo tiempo divide este género en 4 secciones y 9 series. En la primera parte de su trabajo, McKelvey describe las especies de fruto indehiscente. Abarca desde la porción central de Texas (vertiente del Golfo), hasta el océano Pacífico, y desde los estados de Nevada, Utah y Colorado, hasta la frontera de México. En la segunda parte del trabajo describe las especies de fruto dehiscente. Abarca casi

desde la frontera de Canadá, hasta la parte sur de los Estados Unidos, y desde el Atlántico hasta el Pacífico.

Otra revisión genérica destacable es la de Webber (1953), *Yuccas of the Southwest*. Este autor conserva las mismas cuatro secciones de McKelvey, pero de las 28 a 32 especies reconocidas (para los Estados Unidos) por otros autores, sólo reconoce 21 especies. Este autor incluso sugiere la conveniencia de reducir estas 21 especies a solo 14. Standley, en 1920 adiciona *Y. elata* Engelm., y *Y. treleasei* MacBride. En fechas más recientes Rzedowski, en 1955, describe *Y. potosina* McKelvey. Por su parte, Gentry describe *Y. grandiflora* Gentry, en 1957 y *Y. madreensis* Gentry, en 1972, mientras que Pompa y Valdez en 1962, describen *Y. lacandonica* Pompa & Valdez, Clary (1995) *Y. linearifolia* Clary, y García-Mendoza (1998) *Y. mixteca*. Otra de las obras más destacables, centradas en el estudio de este género es la de Matuda & Piña (1979), *Las plantas mexicanas del género Yucca*. Recientemente Hochstätter y Hentzchel publican una importante revisión del género, en tres volúmenes, dedicado al estudio del género en distintas áreas geográficas, donde por ejemplo en *Yucca I. In the Southwest and Midwest of the USA and Canada*, *Yucca II. in the Southwest, Midwest and East of the USA*, y en *Yucca III. Mexico*. Este autor divide el género en las secciones *Yucca* (*Sarcocarpa*), *Clistocarpa*, *Hesperoyucca* y *Chaenoyucca*.

Además de estos investigadores, el género ha sido estudiado por Bader, en 1881, Bentham & Hooker, en 1883, Fenzi, en 1889, Altamirano, en 1905, Patoni, en 1911, Ochotorena, en 1937, Johnston, en 1947 y Villa, en 1967 (Matuda & Piña, 1979).

3.3. Distribución de *Yucca filifera* en México

En lo que respecta a *Y. filifera*, esta es una especie nativa de Norteamérica, norte y centro de México (Hochstätter y Hentzschel, 2002); en donde se le conoce comúnmente como palma china (en San Luis Potosí), palma corriente (en Coahuila), izote (en el centro del país), mají o bají (del otomí en Hidalgo) y tambasi (del tarasco en Michoacán) está ampliamente distribuida y más representativa en las zonas semiáridas del centro y norte de México (Powell, 1992; Ceballos y De la Cruz 2002; Rentería y Cantú, 2003) las cuales abarcan los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán y México (Matuda y Piña, 1980). Esta especie prefiere suelos profundos, bien drenados, en latitudes entre 500 y 2400 m. Forma parte del estrato arbóreo principalmente en el matorral desértico.

3.4. Enfermedades en *Yucca filifera*

En la yuca se han reportado diferentes enfermedades fungosas en hojas, tallos y raíces, cuya distribución e importancia económica varían considerablemente (Cibrian-Tovar *et al.*, 2007).

En términos generales, las enfermedades foliares causadas por hongos se caracterizan por la aparición de manchas sobre la lámina foliar que pueden ser de diferentes formas (angular, redondeada, con anillos concéntricos o de bordes indefinidos) y colores (amarillo, marrón o blanco).

En las manchas sobre las nervaduras y los peciolo se observan canchales con borde marrón y centro blanco lo mismo que distorsión foliar. También se pueden presentar pústulas marrones o negras en el haz y en el envés de las hojas (Booth,1972).

El tallo empleado normalmente como material de propagación, es atacado por diferentes patógenos. El tejido afectado presenta coloraciones diferentes al tejido sano, especialmente hacia la zona vascular o medular (Figura 8). La poca información existente sobre enfermedades en los tallos de yuca, hace imperativa la necesidad de llevar a cabo investigaciones relacionadas con aspectos

etiológicos de los organismos causales, al igual que estudios epidemiológicos (Booth,1972).



Figura 8. Tallo dañado de *Yucca filifera*

Fuente: Alamy (2019).

Las pudriciones de la raíz son importantes en áreas con suelos mal drenados o en donde ocurren períodos prolongados de lluvia. Aunque se han registrado

varias enfermedades, existe muy poca información al respecto. Las pudriciones de la raíz pueden suceder antes o después de la cosecha (Booth, 1972).

3.5. Organismos fungosos asociados a la Yuca

De acuerdo a Rocha (2012), en Buena Vista, Saltillo, los principales patógenos que afectan a *Yucca filifera* son:

Botryodiplodia Sacc., se caracteriza por presentar picnidios oscuros, ostiolados, erumpentes, estomáticos, confluentes, conidióforos simples, conidios oscuros y septados al madurar, ovoides, elongados; parasíticos o saprofitos en ramas, este género es muy parecido a *Macrophoma* o *Dothiorella*, cuando se presentan conidios inmaduros (Barnett y Hunter,1998).

Pudrición negra en hoja, causada por *Botryodiplodia*, sus síntomas son una infección en forma circular y consistencia acuosa que se agranda y se hunde adquiriendo un borde muy definido y una coloración negra. Conforme la lesión envejece, aumenta su área hasta alcanzar un diámetro que varía entre 7 y 10 cm, a la vez que cambia a color negro intenso, su consistencia se torna muy dura y seca, se desarrollan los signos del patógeno en el centro de la lesión, provocando que esta adquiera un aspecto arrugado, al producirse levantamientos del tejido.

En la periferia de la lesión se desarrolla un borde acuoso, color verde (Durán y Mora, 1987).



Figura 9. Pudrición negra de la hoja causada por *Botryodiplodia sp*

Fuente: Yucca-filifera-a-new-host-of-diplodia-mutila-in-morocco (2019).

Botryodiplodia theobromae es un hongo fitopatógeno, ascomiceto, de zonas tropicales y subtropicales que causa la pudrición de una amplia gama de plantas y frutos (Figura 9). Es la causa de enfermedades en aproximadamente 280 especies de plantas vasculares, entre las que se destacan aguacate, algodón, cacao, café, caña de azúcar, caucho, cítricos, mango, maní, palma africana, pino, tabaco, yuca, entre otras (Durán y Mora, 1987).

Botryodiplodia theobromae, se encuentra frecuentemente en zonas tropicales y subtropicales donde ocasiona pérdidas económicas significativas en los procesos de post cosecha de frutas, verduras, flores y maderables (Durán y Mora, 1987).



Figura 10. Hoja con *Botryodiplodia theobromae* en aguacate.

Fuente: Gemagraria(2019).

Dothiorella spp. (telemorfo: *Botryosphaeria*), además de ser la pudrición de la punta del tallo, provoca muerte de las ramas, tizón floral, pudrición del fruto y del pedúnculo (Durán y Mora, 1987).



Figura 11. Tallo con *Dothiorella* spp. en aguacate.

Fuente: Redagricola (2019).

Alternaria. Conidióforos oscuros, en su mayoría simples, pocas veces cortos o elongados, conidios oscuros, típicamente con un septo longitudinal, formas variadas, obclavados a elípticos u ovoides, se desarrollan de forma acropétala en formas apicales, simples o apéndices ramificados, parasíticos o saprofitos en material vegetal (Barnett y Hunter, 1998). Las enfermedades causadas por

Alternaria, son las más comunes de la mayoría de las plantas en todas las partes del mundo; y se presentan usualmente como puntos en las hojas, pero también pueden causar marchitamiento de tallos, tubérculos y pudrición de frutos. Los puntos son generalmente café oscuro a negros, algunas veces numerosos y alargados y usualmente desarrollan anillos concéntricos (Durán y Mora, 1987).



Figura 12. Hoja con *Alternaria*

Fuente: Alchimia (2019).

Fusarium. Micelio extensivo y algodonoso en medio de cultivo, algunas veces con tintes rosados, violetas y amarillos en el micelio o medio, conidióforos variables, delgados y simples, cortos, ramificaciones irregulares, fiálides, solos o

grupales en esporodoquios; conidios hialinos, variables, principalmente de dos formas, algunas veces acomodados en pequeñas cabezas; macroconidios multicelulares, curvados, típicamente en forma de canoa; microconidias de una sola célula, ovoides a oblongos, solas o en cadena, algunos conidios intermedios, de 2 o 3 células, oblongos o un poco curvos; parasíticos en plantas o saprofitos cuando mueren los vegetales. Un género muy variable y amplio, algunas veces tomado o confundido con *Tuberculariaceae* porque algunas especies producen esporodoquios. Comúnmente las paredes de clamidosporas son amplias en algunas especies (Barnett y Hunter, 1998).

El género *Fusarium* tiene origen en el suelo, necrotrófico, es un hongo patógeno de las plantas, con muchas especies que causan enfermedades serias alrededor del mundo. Causa pudriciones, marchitez, entre otros síntomas. El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas de resistencia en ausencia de su hospedante.

Rocha (2012) indica que los hongos asociados a la hoja de *Yucca sp.* y que presentaron mayor incidencia y severidad fueron *Botryodiplodia theobromae* , *Dothiorella spp.* , *Alternaria sp.* y *Fusarium sp.* en el sur de Buenavista, Coahuila.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Peña de Bernal, Querétaro (20°44'21.45" N; 99°56'20.13" W), Se localiza en el pueblo de Bernal, que pertenece al municipio de Ezequiel Montes y se encuentra ubicado a 57 km de la capital del estado de Querétaro, en el kilómetro 200 de la autopista México - Querétaro. Se presenta un clima semidesértico Templado, su precipitación total anual fue de 463.06 mm con una temperatura máxima media anual de 26.8°C. Suelos minerales de color negro o gris oscuro, de PH ligeramente alcalino con alto contenido (entre 45 y 60 por ciento) de arcillas expandibles. Se agrietan y son típicamente duros y masivos cuando están secos, a menos que por efecto de las prácticas agrícolas esta característica haya mejorado. Tiene contenidos considerables de materia Orgánica (en general entre 2 y 8 por ciento en la zona); alta capacidad de retención de nutrientes.

4.2 Muestreo y colecta de material vegetal

Durante junio de 2017 se recolectaron hojas (pencas) de *Yucca filifera* con síntomas de muerte descendente, presentes principalmente en zonas urbanas (Figura 14).

4.3. Procesamiento del material vegetal

De tejido sintomático se cortaron trozos de 1 cm² de la transición entre el tejido enfermo y el sano, los trozos se desinfectaron con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1.5% durante 1 min, luego se lavaron tres veces con agua destilada estéril, se secaron sobre papel absorbente estéril y se sembraron en medio sintético Papa Dextrosa Agar (PDA) y en cámara húmeda, se incubaron a 25 °C para inducir esporulación de los hongos presentes.

4.4. Aislamiento del hongo patógeno

Cuatro días después, de las colonias formadas en medio de cultivo, puntas de hifa se transfirieron a nuevas cajas con medio PDA; asimismo, de los trozos de tejido vegetal incubados en cámara húmeda, con una aguja de disección se tomaron conidios y se colocaron en medio de cultivo PDA. En todos los casos, las condiciones de incubación fueron de 25 °C.

Para ambos procesos de aislamiento, los hongos se purificaron mediante cultivos monoconidiales y se incubaron durante 15 días a 25 °C.

4.5. Identificación morfométrica

La descripción morfológica se realizó a partir de estructuras desarrolladas sobre el tejido vegetal, en cámara húmeda y de cultivos monoconidiales *in vitro*. Cortes de las estructuras formadas en el tejido vegetal, fueron depositados por separado en una gota de lactofenol con azul de algodón sobre portaobjetos para su observación en el microscopio de luz. Para determinar la morfología y tamaño, al menos 50 conidios fueron examinados para medir sus dimensiones.

4.6. Micrografías en microscopio electrónico (ME)

Las estructuras presentes sobre el tejido vegetal desarrolladas en cámara húmeda fueron observadas directamente en el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo Sigma VP Carls Zeiss, las micrografías fueron tomadas de forma directa para su posterior análisis.

4.7. Identificación molecular

Para confirmar la identificación morfométrica se empleó la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés).

Para confirmar la identidad del hongo, el ADN genómico se extrajo de colonias que se desarrollaron en medio PDA. La amplificación y secuenciación de la región ITS se realizó con los iniciadores ITS5 + ITS4 (Iturralde, 2005).

4.8. Extracción de ADN

La extracción se realizó a partir de cultivos puros en medio PDA, previamente caracterizados morfológicamente, se utilizó el método de extracción propuesto por Cenis (1992); sin embargo, cualquier kit comercial de extracción de DNA puede resultar óptimo para tal fin, para ello es importante obtener una buena calidad, cantidad e integridad del ADN.

La metodología propuesta por Cenis (1992) modificada por el autor, se describe a continuación:

1) En un tubo con perlas de cerámica (MagNA Lyser Green Beads 03358941001 de Roche) transferir 0.01 g de micelio de una caja Petri de la muestra de interés.

2) Agregar 500 μ L de buffer TE 1X e incubar a temperatura ambiente durante 5 minutos. Posteriormente, centrifugar 5 minutos a 13 000 r.p.m., decantar el sobrenadante con una micropipeta.

Nota: Evitar decantar el buffer TE mediante inversión del tubo, ya que las perlas de cerámica y el micelio se perderían también.

3) Adicionar 300 μ L de buffer de extracción y macerar el micelio hasta que quede pulverizado mediante un disruptor de tejidos durante 10 minutos (Minibeadbeater-96 Cat. No. 1001 de Biospect Products o equipos con características similares).

Nota: El buffer de extracción consiste en 200 mM Tris-HCL pH 8.5, 250 mM NaCl, 25 mM EDTA (Ácido Etilendiaminotetraacético) y 0.5% SDS (Dodecil Sulfato de Sodio).

4) Adicionar 150 μ L de acetato de sodio 3 M pH 5.2, invertir suavemente dos a tres veces el tubo y posteriormente colocar los tubos en refrigeración a una temperatura de -20°C durante 10 minutos.

5) Centrifugar los tubos durante 10 minutos a 12 000 r.p.m., transferir 250 μ L del sobrenadante a un tubo de 1.5 mL nuevo y estéril (evitar la resuspensión del sedimento).

6) Agregar 250 μ L de isopropanol frío (almacenado a -20°C), invertir suavemente dos a tres veces el tubo y dejar reposar a temperatura ambiente durante 10 minutos; posteriormente, centrifugar 10 minutos a 12 000 r.p.m.

Nota: Al final del proceso puede ser o no visible la pastilla de ADN.

7) Decantar el isopropanol por inversión cuidando de no perder la pastilla. Agregar 500 μ L de etanol al 70% y centrifugar durante 2 minutos a 12 000 r.p.m. Repetir el lavado con etanol al 70% una vez más. Secar la pastilla por inversión en papel secante estéril durante 3 horas o hasta que no se observen gotas en la pared del tubo.

8) Resuspender el ADN en 50 μ L de agua grado biología molecular o buffer TE 1X y guardar la muestra en refrigeración a -20°C . La cantidad de ADN

obtenida por este método debe ser la suficiente para cubrir el intervalo de trabajo del ensayo de PCR.

4.9. Amplificación por PCR

Para identificar la especie de hongo, se realizó la amplificación con oligonucleótidos universales de la región que codifica al ARN ribosomal y las regiones ITS (Internal Transcribed Spacer) situadas entre ellos. Se utilizaron los iniciadores ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC) e ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG) (White *et al.*, 1990), de acuerdo a la siguiente metodología.

1) Preparar la reacción de PCR de acuerdo con lo descrito en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Preparación de la mezcla de reacción para el ensayo de PCR.

Reactivos	Concentración inicial	Concentración final	Volumen (µL)
Buffer PCR	10 X	1 X	2.5
MgCl₂	50 mM	1.5 mM	0.75
dNTP's	10 mM	0.2 mM	0.5
Primer ITS-4	10 µM	0.5 µM	1.25
Primer ITS-5	10 µM	0.5 µM	1.25
Taq DNA Pol	500 U	3 U	0.15
DNA	25 – 500 ng/µL	2 – 40 ng/µL	2.0
Agua grado biología molecular	-	-	16.6
		Volumen final	25

2) A continuación, programar el termociclador de acuerdo con lo descrito en el

Cuadro 2:

Cuadro 2. Programación del termociclador

Etapa	Temperatura	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización inicial	95°C	3 minutos	1
Desnaturalización	95°C	45 segundos	35
Alineamiento	58°C	45 segundos	
Extensión	72°C	45 segundos	
Extensión final	72°C	10 minutos	1

El fragmento amplificado fue posteriormente secuenciado y sometido a un análisis BLASTN (Basic Local Alignment Search Tool) en la base de datos GenBank

(https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome), para establecer la especie con la que comparte el mayor número de nucleótidos, considerando una identificación definitiva cuando los porcentajes de homología estaban comprendidos entre el 98 y 100%.

4.10. Purificación y cuantificación de los productos amplificados

Para la secuenciación, los fragmentos en solución se purificaron con GFX PCR DNA Purification kit (Amersham Biosciences GE Healthcare, Buckinghamshire, Reino Unido), siguiendo las instrucciones del proveedor. La concentración de los fragmentos amplificados y purificados se cuantificó midiendo la densidad óptica a una absorbancia de 260 nm con un NanoDrop Spectrophotometer ND-1000 (NanoDrop Technologies, Wilmington, Delaware Estados Unidos). La calidad del ADN se determinó por medida de la relación entre la absorbancia a 260nm y a 280 nm.

4.11. Secuenciación.

Los fragmentos amplificados fueron secuenciados en ambas direcciones con la metodología de BigDye Terminator Cycle (Applied Biosystems, E.E. U.U.), en un secuenciador ABI Prism 3730XL (PE Applied Biosystems) de la compañía Macrogen (Corea del Sur). Las secuencias obtenidas con cada cebador, se editaron y ensamblaron los consensos mediante Bioedit 6.0.6. (Hall, 1999), para proceder a su comparación con la base de datos de GenBank.

4.12. Pruebas de patogenicidad

Una vez aislado y descrito las características del posible patógeno, se inocularon plantas de *Y. filifera* de la siguiente manera: en macetas con suelo estéril se colocaron tallos de *Y. filifera* y se conservaron durante dos meses, con la finalidad de mantener y observar su sanidad.

Debido a que los aislamientos de hongos producen conidios, la inoculación se realizó por aspersión de estos, para lo cual con la cámara de Neubauer y mediante diluciones en agua destilada estéril se preparó una suspensión a una concentración de 8×10^3 conidios mL^{-1} . La aplicación se realizó con un aspersor manual. El testigo se asperjó sólo con agua destilada estéril. Se mantuvieron en invernadero a una temperatura promedio de 25°C .

V. RESULTADOS

5.1. Descripción de síntomas y signos

En hojas de *Y. filifera* se observaron manchas negras, protuberantes, inmersas en una decoloración que va del ápice a la base de la hoja con evidente formación de cuerpos fructíferos de color negro en el interior de la lesión (Figura 15). Algunas lesiones llegan a coalescer formando grandes manchas que pueden abarcar la totalidad de la hoja hasta ocasionar la muerte de la misma. (Figura 16 y 17).

En Peña de Bernal, Querétaro (20°44'21.45" N; 99°56'20.13" W), durante el año 2017, en que se expresaron los síntomas, su precipitación total anual fue de 463.06 mm con una temperatura máxima media anual de 26.8°C, con estas condiciones se expresaron los síntomas de Muerte descendente en *Y. filifera*.



Figura 13. Planta de *Yucca filifera*.

Fuente propia.



Figura14. Plantas de *Yucca filifera* con síntomas de muerte descendente en hojas.



Figura 15. Síntoma de muerte descendente y formación de cuerpos fructíferos (picnidios) en la punta (A) y parte media de la hoja de *Yucca filifera* (B).



Figura 16. Síntomas y estructuras reproductivas de muerte descendente en el área total de la hoja de *Yucca filifera*.



Figura 17. Tejido vegetal con picnidios del estado asexual de *kellermania macrospora* causante de la muerte descentente en hojas de *Yucca filifera*.

5.2. Descripción morfométrica en tejido vegetal

Sobre las hojas con síntomas de muerte descendente se observaron conidiomas picniales de color negro (Figura 18). En cortes longitudinales de estas estructuras se observó que los picnidios están inmersos en el tejido de la hoja, son de forma globosa, uniloculares, con un ostiolo central no papilado (Figura 19). Conidióforos alrededor de toda la cavidad interna, de tamaño reducido, hialinos, lisos, subcilíndricos a ampuliformes (Figura 20). Conidios hialinos, gutulados, cilíndricos a obclavados, de 3 a 5 septos (generalmente 4), (69.63)-79.14-(94.89) × (6.86)-8.23-(9.53) μm; ápice muy redondeado; base conidial truncada, con un ensanchamiento marginal, de 2-3 μm de largo (Figura 21).





Figura 18. Picnidios de color negro del estado anamorfico de *Kellermania macrospora* en hojas con síntomas de muerte descendente en *Yucca filifera*.

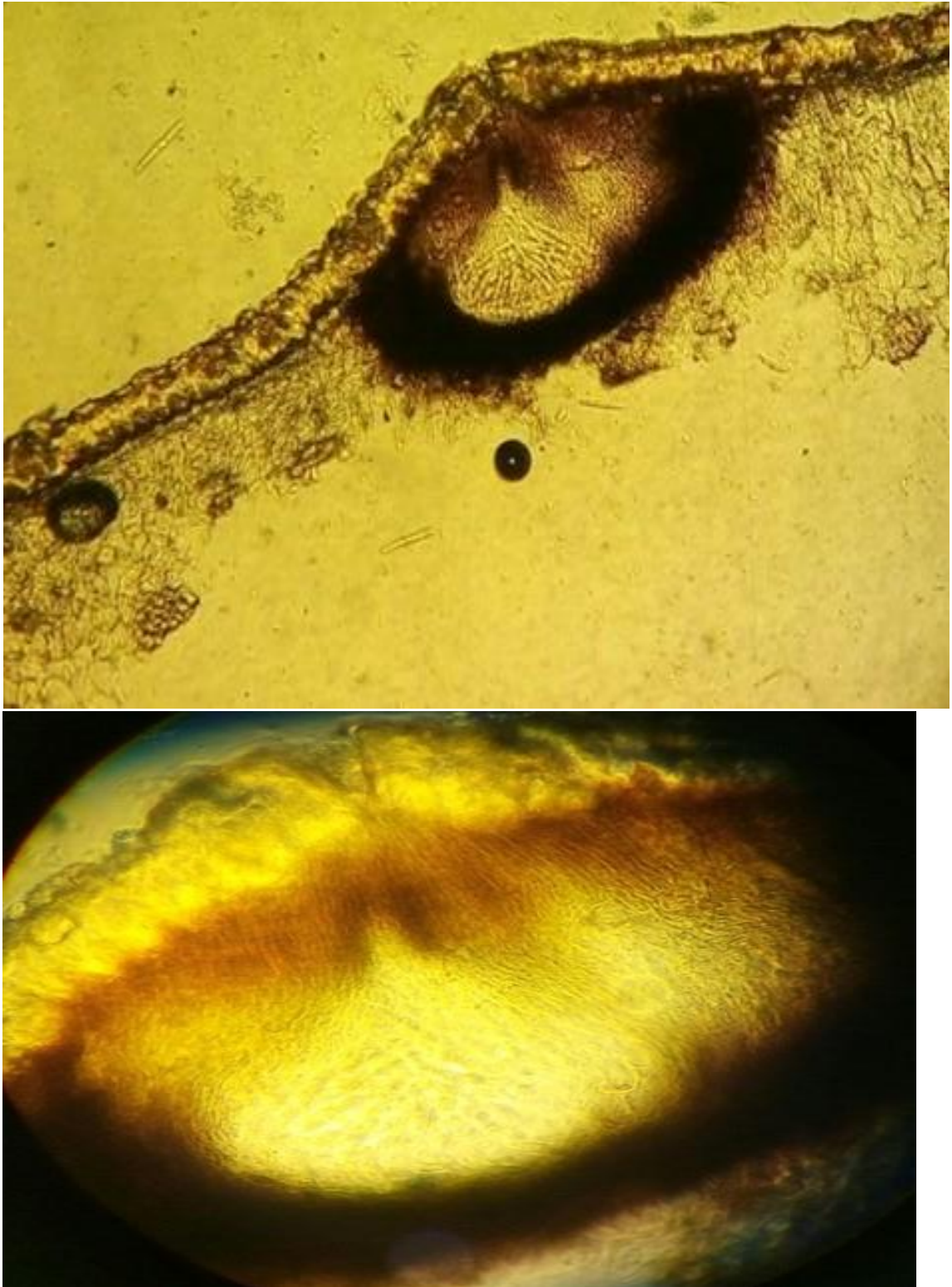


Figura 19. Picnidios de *Kellermania macrospora* inmersos en hojas con síntomas de muerte descendente en *Yucca filifera*.

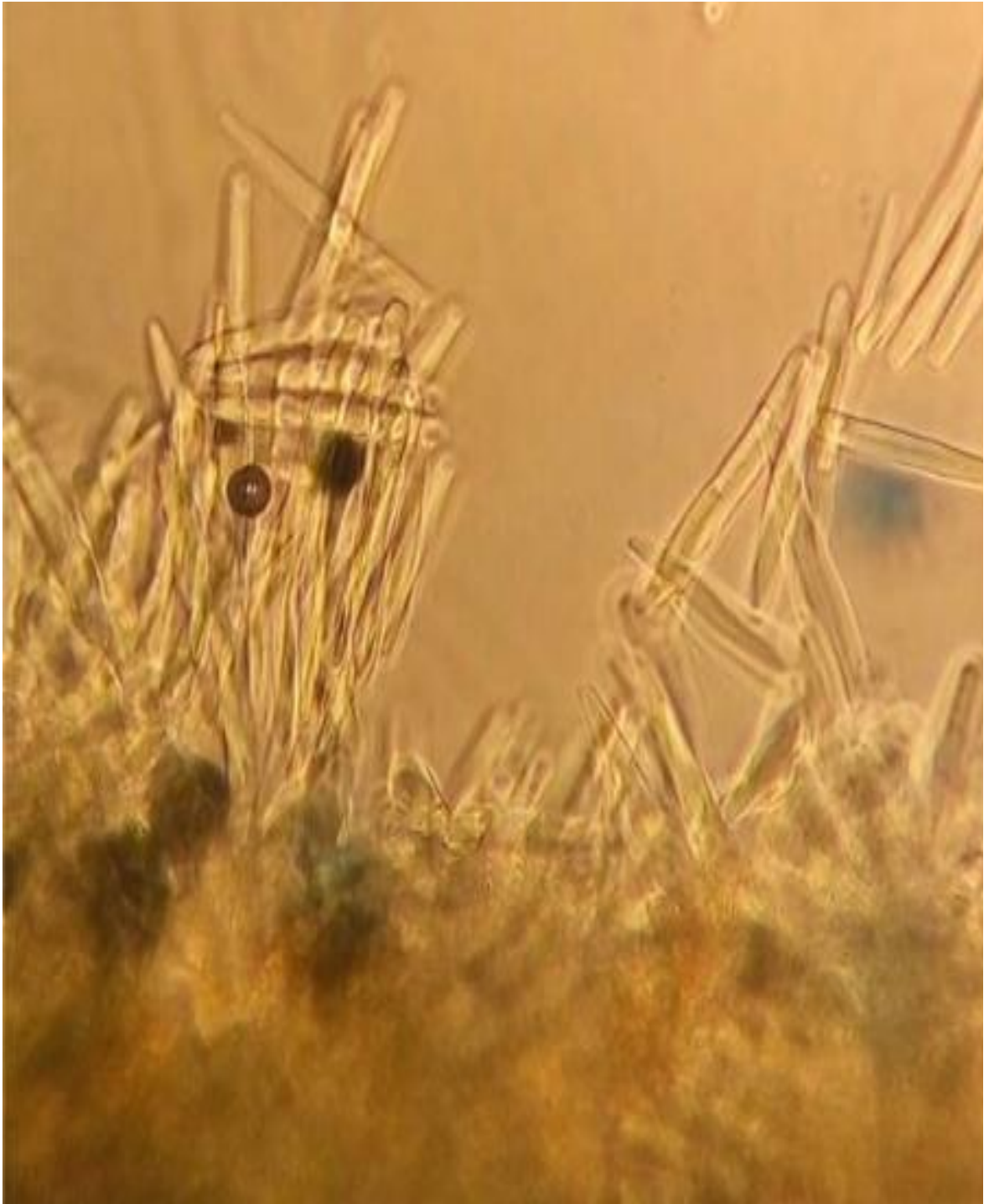


Figura 20. Conidioforos de *Kellermania macrospora* dispuestos alrededor de la cavidad interna del picnidio desarrollado en hojas con síntomas de muerte descedente en *Yucca filifera*.

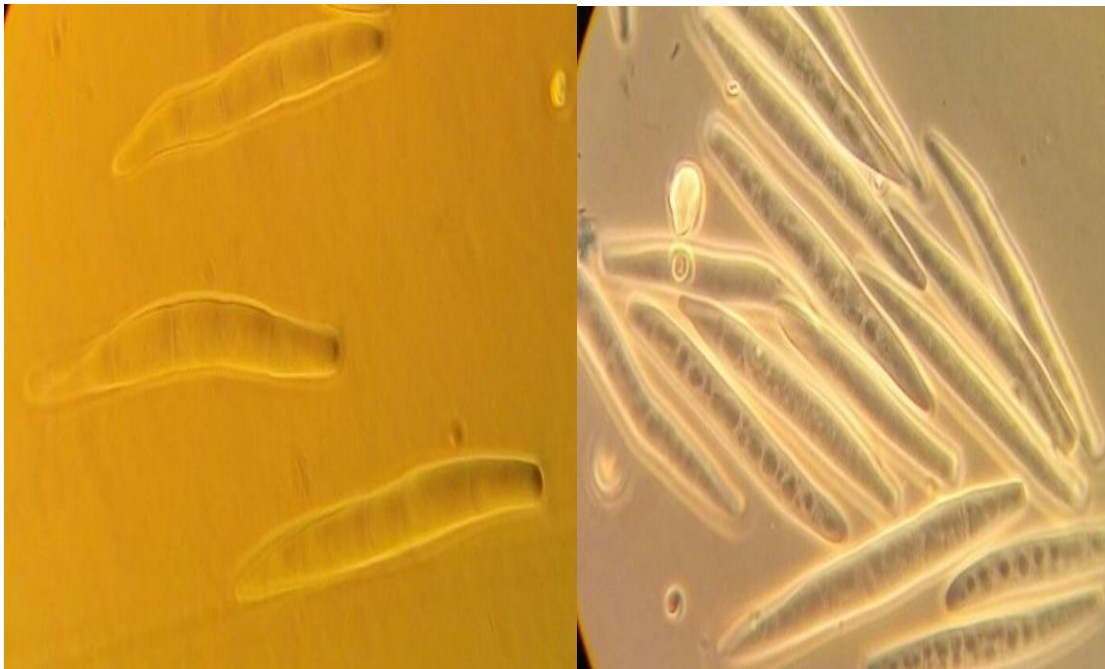


Figura 21. Conidios de *Kellermania macrospora* desarrollados picnidios presentes en hojas con síntomas de muerte descendente en *Yucca filifera*.

5.3 Características de la colonia en medio de cultivo

En medio de cultivo PDA después de 12 días a 24°C con un fotoperiodo de 12 horas luz; se desarrollaron colonias de color gris claro con tonalidades de gris oscuro en el área de crecimiento, hifas dispersas, y micelio poco denso; conidiomatas superficiales, de color negro, gregarios, con crecimiento estromatal irregular (Figura 22).



Figura 22. Características de la colonia de *Kellermania macrospora* desarrollada en medio de cultivo PDA.

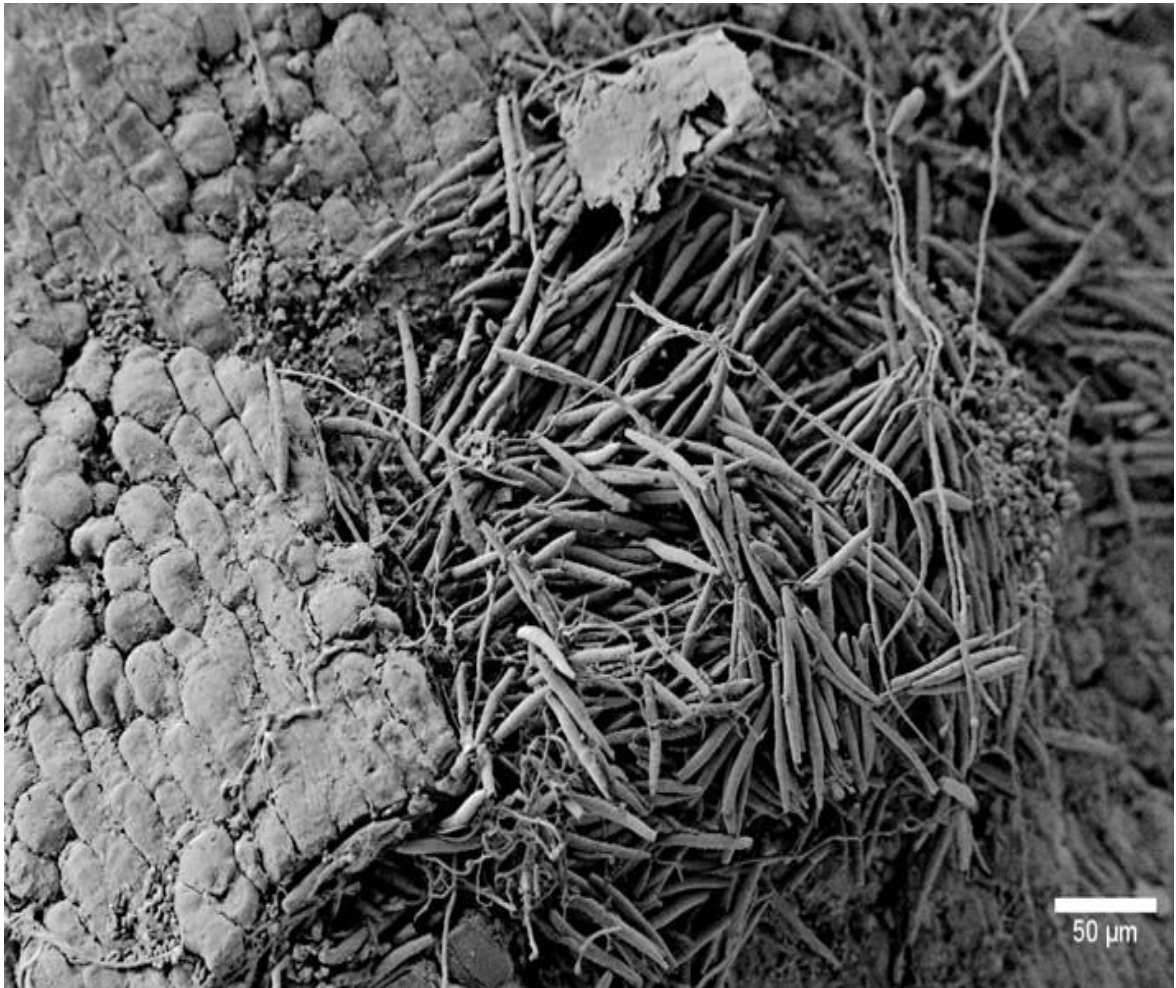
En cámara húmeda los conidiomas desarrollados sobre el tejido vegetal exudan un cirro conidial hialino y una masa viscosa de conidios que emana del ostiolo (Figura 23).



Figura 23. Picnidio de *Kellermnia macrospora* en tejido vegetal de hoja de *Yucca filifera*, colocada en cámara húmeda y desarrollo de masas de conidios y cirros.

5.4 Micrografías en microscopio electrónico (ME)

De las micrografías tomadas en el microscopio electrónico, se observaron conidios en el ostiolo de los picnidios, además de las características antes mencionadas se distingue que estos presentan ornamentaciones en forma de estrías longitudinales (Figura 24).



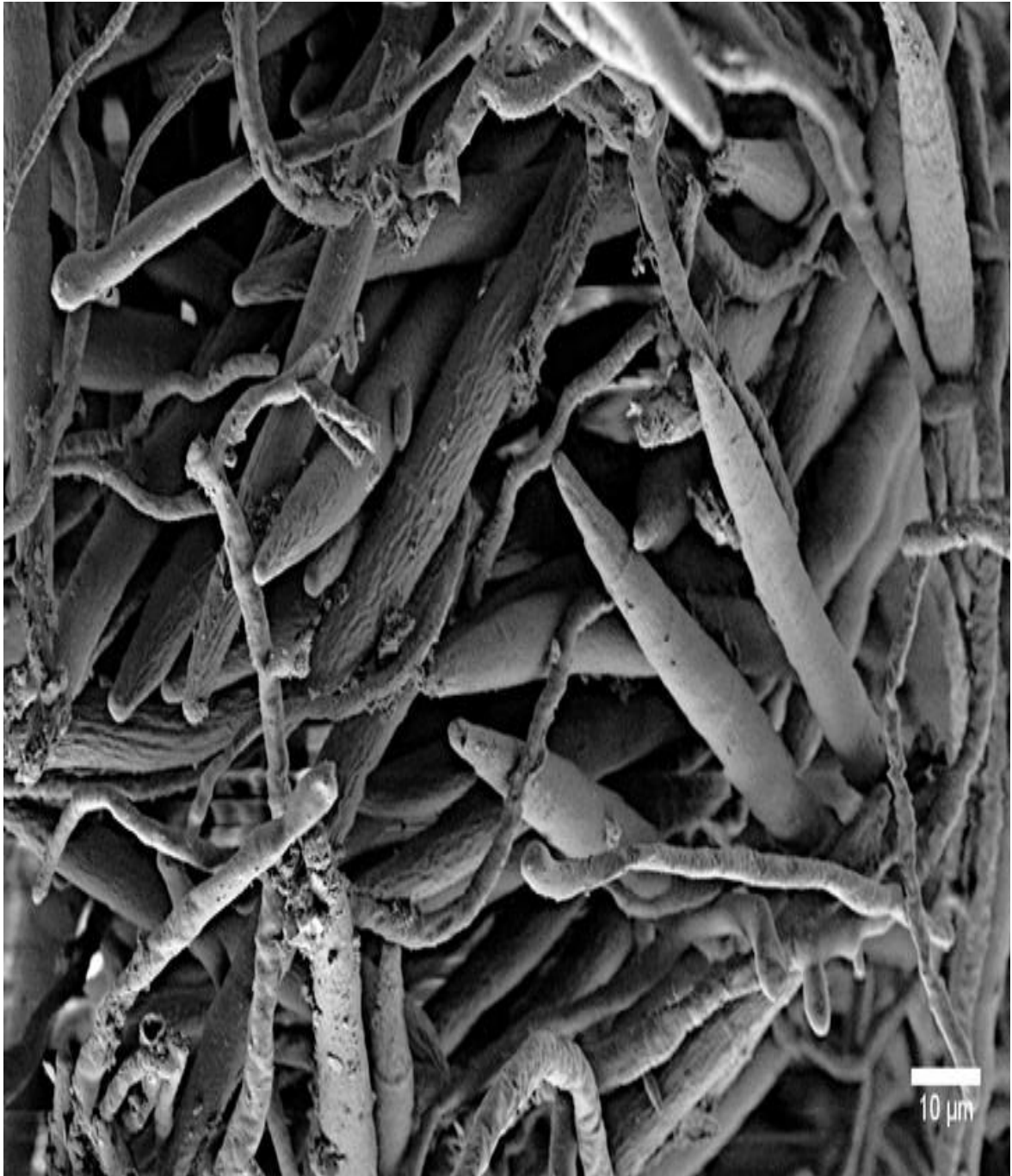


Figura 24. Características superficiales de los conidios de *Kellermnia macrospora* en tejido vegetal de hoja de *Yucca filifera*, colocada en cámara húmeda.

5.5. Extracción de ADN

El método de extracción de ácidos nucleicos propuesto por Cedis (1992) permitió obtener ADN en la cantidad y calidad adecuada, con un promedio de concentración de $620 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ (SD: ± 671) y relaciones de 260 nm:280 nm de 1.82 (SD: ± 0.24).

5.6 Identificación molecular de *Kellermania macrospora*

Las reacciones de PCR con el par de iniciadores ITS4/ITS5, generaron un fragmento de 874 pb en los aislamientos identificados morfológicamente como *Kellermania macrospora*. La secuencia obtenida confirmó la naturaleza del amplicon, ya que el Blast identificó la secuencia como parte de la región ITS del ADNr de *K. macrospora* (KF766178.1 y KJ869148.1), con 98% de identidad y valores de 0.0 (cobertura: 100%). Este género pertenece a la familia *Planistromellaceae*, que es una ramificación de familia separada de la clase *Botryosphaeriales* (Fungal planet, 2019).

En Mycobank (2019) se señala a este hongo con los sinónimos *Septoria macrospora* Durieu & Mont y *Hendersonia piparthra* Sacc.

5.7 Secuencia obtenida

De acuerdo a la base de datos del Genbank, la homología del segmento de ADN obtenidos es similar con la secuencia reportada de *Kellermania_B-ITS4_G02_003.ab1*, *B-ITS5_H02_004.ab1*

```
CTGATCCGAGGTCAACCTTTGAGATGTGTTATCCGAAGGTTTCGTCCGGCG
GGCGACCGCCCGCCTCCAAAGCGAGAGGTGTGTTACTACGCTTGAGGC
CGGATGGCCGCCGCGGAGGCCTTTGAGGCGCGTCCGCTGAAGGACGGC
GCCAATACCAAGCAGAGCTTGAGGGTTGCAATGACGCTCGAACAGGC
ATGCCCCCGGAATGCCAGGGGGCGCAATGTGCGTTCAAAGATTCGATG
ATCACTGAATTCTGCAATTCACATTACTTATCGCATTTTCGCTGCGTTCTT
CATCGATGCCAGAACCAAGAGATCCGTTGTTGAAAGTTTTAAGATATTT
GAATATCTGATCAGACGGTACAGTTTACTGACGGTTTTTGGTTGGAGAGC
GGGCCACTGGGGCCCGGAACTCGGTAATGATCCTTCCGCAGGTTACACT
ACGGAACGGTTTTCTTGAAGCGGTGAACTTCCCCCGAGGTTTCCCTCGG
GGCCCGACTATATCTTAAGCAGGGCCGCGACGGGCCCTACCCACTTCCA
CTTAGTCTGTGAACCTTCCCCGTGACGCCCCCGAGGGGGGGCGCCCGT
AGGGGCTTGGCTGCGGATTGTCCAATCTCCGACCATTCTTACCGTACCCC
ATGCCGTTAACATGGGCCCGCCGGCGGGTTTCCCCGCCGGTTTGGTAGGC
CTGAGCTCTAAGGATGTCCCCGCAATTCGAAAGTGTCGCCGGCGGCCGG
GGGCCGCCAACTTGCGCAAGGCCTGGATTGTTTATGAGTCGCCAGGCTT
```

ACCTCTTGCGAGGCCGCATTCCAAGGCTTCGATAAGTGTTTCGACCGCGG
AAGGAATCACTCCCATTCCGTGACTTTATGCGGAAACC

5.8. Pruebas de patogenicidad

Las plantas inoculadas con la suspensión de conidios de *K. macrospora*, desarrollaron síntomas congruentes a los observados originalmente (Figura 25), esto a los 25 días después de la inoculación. A partir de hojas inoculadas y con desarrollo de síntomas, se cortaron trozos de 1 cm², se lavaron tres veces con agua destilada estéril, se secaron y se sembraron en cajas Petri con medio PDA, e incubaron a 25°C. De los crecimientos obtenidos se realizó la descripción morfológica y comparación con la descripción previamente realizada. Tanto la morfología como las características de cultivo *in vitro*, coincidieron con la descripción de *K. macrospora*.



Figura 25. Planta inoculada con conidios de *K. Macrospora* expresando síntomas de muerte descendente y cuerpos fructíferos en el ápice de la hoja de *Yucca filifera* a los 25 días después de la inoculación.

5.9. Clasificación NCBI

La clasificación de este hongo (Teleomorfo), considerando el análisis de su ADN

es:

SuperReino	Eukaryota
Reino	Fungi
Sub Reino	Dikarya
phylum	Ascomycota
Subfhylum	Pezizomycotina
Clase	Dothideomycetes
Orden	Botryosphaerales
Familia	Planistromellaceae
Genero	Planistromella
Especie	No definida

Fuente: NCBI (2019)

El nombre anamórfico (homotípico): *Kellermania macrospora* (Minis, 2012).

VI. DISCUSIÓN

En Yuca, Cibrian-Tovar *et al.* (2007) reportan diferentes enfermedades fungosas en hojas, tallos y raíces, cuya distribución e importancia económica varían considerablemente. Aunque la gran mayoría de ellas no alcanza algún nivel de daño económico, debido a que se considera una planta ornamental silvestre, ordinaria y propia de la vegetación del norte de México, y representativa de zonas áridas, y poco se ha utilizado como un cultivo comercial, excepto su fruto que es considerado como alimento (Mora-Olivo *et al.*, 2009). Mientras que, en algunos estados como Zacatecas y San Luis Potosí, la emplean en la producción de fibra extraída de las hojas tiernas o cogollos de *Y. carnerosana* (Piña, 1980). El SIRE (2019), indica que se utiliza la flor y el fruto como alimento, la inflorescencia se utiliza como forraje. En la industria farmacéutica, también se produce aceite comestible de la semilla o se utiliza para la industria de la celulosa en la fabricación de papel kraft, papel resistente a la ruptura y al desgaste, por lo que conocer las patologías que ponen en riesgo esta planta es de vital importancia ante cualquier cambio de su condición silvestre a cultivada.

Es evidente que a esta planta se le ha tratado de encontrar algún tipo de utilidad para una futura explotación comercial, tal como son los estudios que indican la presencia de metabolitos secundarios con efecto antifúngico contra *Rhizopus*

stolonifer, *Colletotrichum gloesporioides* y *Penicillium digitatum* (Jasso de Rodriguez et al., 2011).

Al momento de la realización del presente estudio se dispone de poca información sobre los agentes causales de las diferentes patologías que afectan a la yuca, así como de su epidemiología, por lo que se hace necesario conocer la etiología de cada una de las enfermedades que le lleguen a afectar ante cualquier situación que conlleve a la protección de la biodiversidad de especies nativas de México, o de una posible explotación comercial en un futuro cercano, o bien por la importación de especies emparentadas que puedan ser afectadas por los agentes causales presentes en México.

Los presentes resultados señalan a *Kellermania macrospora* (Durieo & Mont.) Minnis & A.H. Kenn., como el agente etiológico de la muerte descendente de *Yucca filifera* en Peña de Bernal, Qro., y contribuyen al conocimiento de las enfermedades en esta especie nativa de México, que se agregan a contribuciones realizadas por Kadri *et al.* (2014) que indican a *Diplodia mutila* como el agente causal del manchado café en hojas senescentes de *Y. filifera* en Marruecos. En Saltillo, Coah., se indentificó al género *Botryodiplodia* spp., como el hongo asociado con la necrosis y amarillamiento del follaje en *Y. filifera* y *Y. carnerosana* (Rocha-Flores, 2012).

Kellermania macrospora es un hongo asociado con enfermedades de muerte descendente y cáncer en *Agave* spp. en Estados Unidos (Hai-Yan *et al.*, 2018) e inicialmente se consideró que solo ataca a agave (Minnis *et al.*, 2012).

Las características morfológicas descritas en este trabajo concuerdan con lo descrito en la ficha técnica reportada por Crous y Groenelwald (2013). Es considerado dentro de la clase Botryosphaeriales que incluye a las familias *Phyllostictaceae* (*Phyllosticta*), *Planistromellaceae* (*Kellermania*), *Aplosporellaceae* (*Aplosporella*, *Bagnisiella*), *Melanopsaceae* (*Melanops*) y *Saccharataceae* (*Saccharata*) (Slippers *et al.*, 2013) que incluye a hongos asociados a la muerte descendente de árboles y cáncer de tallo (Soltaninejad *et al.*, 2017).

De acuerdo al Mycobank (2019) a este hongo también se le ha denominado como *Septoria macrospora* Durieu & Mont; *Hendersonia piparthra* Sacc.; *Stagonospora macrospora* (Durieu & Mont) y *Piptarthron macrosporum* (Durie & Mont).

Por otro lado, este hongo presenta diferencias morfológicas bien definidas que lo hacen diferente a *Planistroma obtusilunatum* (Anamorfo: *Piptarthron uniloculare*) aislado de *Yucca baccata* en Estados Unidos (Ramaley 1992); y diferente a *Kellermania anomala* que afecta a la especie ornamental *Yucca elephantipes* y que requiere de tratamientos cuarentenario cuando se pretende importan de

Holanda (NOM-007-FITO-1995). Aunque es similar a la *Kellermania triseptata* Crous en sus características morfológicas, tal como lo indica Crous y Groenelwald (2014).

En futuros estudios sobre la epidemiología de la enfermedad, es necesario conocer los posibles factores asociados con la enfermedad, como es el posible efecto que ejerza el insecto *Tegeticula yuccasella* asociada a los frutos de *Yucca filifera* (Villavicencio y Pérez-Escando, 1995), y de los lepidópteros asociados a sus estructuras reproductivas como *Sosipatra rileyella* Ragonot (Pyralidae), *Plodia interpunctella* Huebner (Pyralidae), un género no identificado de la familia Gelechiidae y *Prodoxus yinversus* Riley (Incurvariidae); así como también el coleoptero *Lasioderma serricome* Fabricius (Anobiidae) (Renteria, 2000).

VII. CONCLUSIÓN

El agente casual de la muerte descendente de *Yucca filifera* en Peña de Bernal, Querétaro, corresponde etiológica, morfológica y molecularmente al hongo *Kellermania macrospora*.

XIII. LITERATURA CITADA

Alamy. 2019. Tallo dañado de *Yucca filifera* Disponible en:

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjvp>

[ZSLmPviAhVRUK0KHUWEDYcQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2F](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjvp)

[www.alamy.es%2Fimagenes%2Fyucca-](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjvp)

[filifera.html&psig=AOvVaw03TPovtEFmbyclKWIGji1n&ust=15612275684](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjvp)

[85859](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjvp). Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

Alchimia. 2019. Hoja con *Botryodiplodia theobromae* en aguacate. Disponible en:

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj8j>

[Or9nvviAhUR7awKHfrwB8cQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fww](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj8j)

[w.alchimiaweb.com%2Fblog%2Falternaria-cultivo-](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj8j)

[marihuana%2F&psig=AOvVaw2LNjOK-](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj8j)

[0Q3cdLPbOj24Ljd&ust=1561229389975188](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj8j). Fecha de consulta: 21 de junio

de 2019

Barnett, H. L., and Hunter, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. The

American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, USA: The

American Phytopathological Society. Disponible en

<https://www.redalyc.org/pdf/629/62926234007>. Fecha de consulta: 16 de

noviembre del 2018.

- Booth, R. H. 1972. Cassava production systems: Fresh Root Storage. Informe Anual del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1977.
- Boeuf, T. 2007. *Yucca & Co: Winterharte Wüstengärten in Mitteleuropa anlegen und pflege*. Medemia verlag. 1ra Edición. Berlin, Alemania. 192 p.
- Cibrián-Tovar, D. Alvarado-Rosales, D., y García-Díaz, S. E. 2007. Enfermedades forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 587 pp.
- Ceballos, H., y De la Cruz. A.G. 2002. Taxonomía de la yuca. En: Ospina, B. y Ceballos H. (comps.). *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Publicación CIAT N° 327. Centro Internacional de Agricultura Tropical/Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca. Cali, Colombia.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2019. Fabricación de hilos, cuerdas y tela con *Yucca filifera*. Disponible en:
https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwip4LGLgvviAhUELKwKHbvTBpIQjRx6BAgBEAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.conafor.gob.mx%3A8080%2Fdocumentos%2Fdocs%2F18%2F37176_La%2520Uni%25C3%25B3n%2520de%2520Saltillo.pdf&psig=AOvVaw2CYOxE

4XYQemdAcHsPM0Uo&ust=1561221344836052 Fecha de consulta 21 de

Junio de 2019

Castaño, J. J. 1969. Mancha foliar de *Cercospora caribaea* en yuca hot utilissima Phl.) en la región de Barbosa (Antioquia). Agricultura Tropical, Bogotá 25: 327-329.

Crous, P. W., and Groenewald, J. Z. 2013. *Kellermania macrospora* & *Kellermania pseudoyuccigena*. Persoonia 31: 188–296.

Crous, P. W. and Groenewald, J. Z. 2014. *Kellermania triseptata*. Fungal Planet 250: 24-247. Descripción de síntomas y signos. Disponible en: <http://www.concyteq.edu.mx/concyteq/uploads/publicacionArchivo/2017-06-212>

Duran, J.A. y Mora, D.1987. Diagnóstico de las enfermedades postcosecha de la papaya en costa rica.

Gmp Factory. 2019. Uso farmacéutico Disponible en: https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwiTmOLoiPviAhVNSK0KHQetCzUQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fes.gmp-factory.com%2Fanimal-nutrition%2Fimmunoregulation%2Fyucca-extract.html&psig=AOvVaw28P7Xfrc_19OM16aC7JwwK&ust=1561223259931248. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019...

Gilchrist-Saavedra, L. G. Fuentes-Dávila, C. Martínez-Cano, R.M. López-Atilano, E. Duveiller, R.P. Singh, M. Henry e I. García A. 2005. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. CIMMYT. Segunda edición. México, D.F.

Guillot-Ortiz, D. y Van der Meer P. 2009. El género *Yucca* L. en España. Monografías de Bouteloua, 2. 124 p. Jolube Consultor y Editor Ambiental.

Jolube.es y FloraMontiberica.org. ISBN ebook: 978-84-937291-8-9.

Disponible en:

https://books.google.com/books?id=g7l_3MAbecQC&pg=PA56&lpg=PA56&dq=yucca+filiifera&source=bl&ots=3kL5VAmfs3&sig=43bpnkV90og58Pnv9oPmYoPTAuc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwio7Mamz63XAhUO-mMKHX0BA5c4ChDoAQg_MAg#v=onepage&q=yucca%20filiifera&f=false

Fecha de consulta: 5 de octubre de 2018.

Gemaagraria. 2019. Hoja con *Botryodiplodia theobromae* en aguacate. Disponible

en :

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjz3KjPnfviAhUIGKwKHbF9BIMQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fgemaagraria.blogspot.com%2F2012%2F&psig=AOvVaw0Gdke_jXdHZwOpye9wXJZP&ust=1561228999051224

Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

Granados-Sánchez y López-Ríos. 1998. YUCCA "Izote" DEL DESIERTO.

División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

Chapingo, México. Disponible en:

<http://chapingo.mx/revistas/phpscript/downland.php?file=completo&id=m>

zI3OA. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018.

Haeberlin, H. K. 1916. The idea of fertilization in the culture of the Pueblo

Indians. Lancaster.

Hess, W. J. y Robbins, R. L. 2002. Yucca, In: Flora of North America Editorial

Committee (Ed.), Flora of North America, vol. 26, Oxford University Press,

New York. 423-441 pp.

Hochstätter, F., y Hentzschel. G. 2002. *Yucca* L. II (Agavaceae).-W: The

Southwest, Midwest y East of the USA (indehiscent fruited species), 1-3:

278-280.

Lin Huang, Ya-Nan Zhu, Ji-Yun Yang, De-Wei Li, Yong Li, Li-Ming Bian,

and Jian-Ren Ye. 2018. Plant Disease 102 :500-506 Disponible en:

<https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-1032-RE>. Fecha de consulta: 5 de

octubre de 2018

Leandro, A. N., Claudine, N. A., Seixas, D. S., and Dianese, J. C. 2018. False

Bean Smut Caused by Slime Mold. Plant Disease 102: 507-510.

Matuda, E., y Piña, I. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Serie Fernando de Alva Ixtlilxochitl. Miscelánea del Estado de México. Toluca, México. 145 pp.

Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. Lima, Perú; Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 62 p. © Centro Internacional de la Papa (CIP), 2004.

Medipalm 2019. Uso ornamental de *Yucca filifera* Disponible en: https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwiS5t_whPviAhVKI6wKHZ1rCXoQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.medipalm.com%2Fsuculentas%2F834-yucca-filifera.html&psig=AOvVaw08jtKGA9S47NQyrAneYoZo&ust=1561222419703677. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

Minnis, A.M., Kennedy, A.H., Grenier, D.B. Palm, M.E. and Rossman, A.Y. 2012. Phylogeny and taxonomic revision of the Planistromellaceae including its coelomycetous anamorphs: contributions towards a monograph of the genus *Kellermania*. *Persoonia* 29, 2012: 11–28
<http://dx.doi.org/10.3767/003158512X658766>

Mora-Olivo, A. Hurtado-González, M. Gaona-García, G. Treviño-Carreón, J. 2009. Chochas: Las flores comestibles del desierto. *CienciaUAT*, 4(2): 10-13.

Mycobank. 2019. *Kellermania macrospora*. Disponible en:

<http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&Rec=508633>

&Fields=All Fecha de acceso: 21 de Junio de 2019.

Nava, R. De Luna, R. Reynaga, R. y García, R. 1980. Ecocultivo de en las zonas áridas de México. Serie El Desierto 3: 145-171.

NOM-FITO-007-1995. Norma oficial mexicana, por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo. Diario oficial de la federación. México, D. F. 40 p.

Piña, I. 1980. Algunos aspectos sobre las plantas del género *Yucca*. In *Yucca*, Serie el Desierto, vol. 3. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coah., México.

Nutritienda. 2019. Uso farmacéutico Disponible en :

[https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwja97DWiPviAhUPSq0KHViFBDoQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.nutritienda.com%2Fes%2Fnow-foods-yucca-500mg-100-](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwja97DWiPviAhUPSq0KHViFBDoQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.nutritienda.com%2Fes%2Fnow-foods-yucca-500mg-100-caps&psig=AOvVaw28P7Xfrc_19OM16aC7JwwK&ust=1561223259931248)

[caps&psig=AOvVaw28P7Xfrc_19OM16aC7JwwK&ust=1561223259931248.](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwja97DWiPviAhUPSq0KHViFBDoQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.nutritienda.com%2Fes%2Fnow-foods-yucca-500mg-100-caps&psig=AOvVaw28P7Xfrc_19OM16aC7JwwK&ust=1561223259931248)

Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

Pellmyr, O. 2003. *Yuccas, yucca moths, and coevolution: A review*. Ann. Missouri Bot. Gard., 90: 35-55.

Powell, J. 1992. Interrelationships of yuccas and yucca moths. Trends. Ecol. Evol. 7: 10-15.

Ramalye, A. 1992. Fungi from *Yucca Baccata* 2. *Planistroma obtusinulatum* sp. nov. and its anamorpho, *Piptarthrom uniloculare* sp. nov. Mycotaxon XLV: 449-460.

Redagricola. (2019). Tallo con *Dothiorella* spp. En aguacate. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwikt dvPnvviAhUHKawKHapaDmcQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.redagricola.com%2Fcl%2Fbotryosphaeriaceae-en-palto-agentes-causales-de-enfermedades-de-la-madera-y-pudricion-peduncular-del-fruto%2F&psig=AOvVaw2cm3WVNYaphN6VmyI3zTrt&ust=1561229282142596>. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

Rocha, F.R.G. 2012. Hongos Frecuentes de la Hoja de la *Yucca spp.* y evaluación de la incidencia y severidad de daños en el sur de Coahuila, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Narro 62p

Rentería, L. y Cantú, C. 2003. El efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley (*Lepidoptera: Prodoxidae*) sobre la fenología reproductiva de *Yucca filifera* Chabaud (*Agavaceae*) en Linares, N. L. México. Acta Zoológica Mexicana 89: 85-92.

- Servin, R.A.T., Arce-Montoya, M. y Robert, M.L. 2006. *Scyophophorus acupunctatus* Gyllenha (*Coleoptera: Curculionidae*) como potencial insecto-plaga de *Yucca valida* Brandegee en Baja California Sur, México. *Folia Entomol. Mex.* 45(1): 1-7.
- Sotelo, A., López-García, S., Basurto-Peña, F. 2007. Content of Nutrient and Antinutrient in Edible Flowers of Wild Plants in Mexico. *Plant Foods Human Nut.*, 62: 133-138.
- Speciesfungorum. 2019. *Kerllermania macrospora*. Disponible en: <http://www.speciesfungorum.org/Names/GSDSpecies.asp?RecordID=801099>. Fecha de consulta: 31 de mayo de 2019.
- Villavicencio M.A., Pérez-Escandón, B.E. 1995. Tipos de frutos de *Yucca filifera* y formas asociadas de *Tegeticula yuccasella* (Lepidoptera). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 57: 121-123.
- White, T.J., T. Bruns, S. Lee, and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics. P.315-322. In M.A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sminsky, and T. J. White (eds.). *PCR protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press, Inc., New York, USA.
- Jasso de Rodriguez D., R. Rodriguez Garcia, F.D. Hernández Castillo, C.N. Aguilar González, A. Saenz Galindo, J.A. Villareal Quintanilla, L.E.

- Moreno Zuccolotto. 2011. *In vitro* antifungal activity of extracts of Mexican Chihuahuan Desert plants against postharvest fruit fungi. *Industrial Crops and Products* 34(1):960-966 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.001>
- Kadri, O., Chliyeh, M., Ouazzani Ch. A., Touati, J., Ouazzani, T. A., Benkirane, R. and Douira, A. 2014. *Yucca filifera*, a new host of *Diplodia mutila* in Morocco. *Int. J. Rec. Biotech.* 2014, 2 (4): 13-17
- Mycobanck. 2019. *Kellermania macrospora*. Disponible en: <http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&Rec=508633&Fields=All> . Fecha de consulta Mayo de 2019.
- NCBI. 2019. *Kellermania macrospora*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=124828> 9 Fecha de consulta: 31 de mayo de 2019
- Fungal planet. 2019. *Kellermania macrospora* & *Kellermania pseudoyuccigen*. Disponible en: <http://www.fungalplanet.org/content/pdf-files/FungalPlanet155.pdf>. Fecha de consulta: Mayo de 2019.
- Portal inmobiliario. 2019. Uso comestible de *Yucca filifera* Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwiS2bW0gPviAhUFXq0KHQ7zBkQQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.elportalinmobiliario.com.mx%2Farticulos%2Fizote-un-alimento->

ancestral&psig=AOvVaw0fSUqvC2X5ms3q5OdoC-

cB&ust=1561221115158335. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Desarrollo rural, pesca y Alimentación).

2019. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi22bD7gvviAhVL0KwKHehcC8MQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.sagarpa.mx%2Fagronegocios%2FDocuments%2FEstudios_promercado%2FIXTLE.pdf&psig=AOvVaw25IXxTsFisz16RGqRnEUs

D&ust=1561221757111205. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019

Soltaninejad, N., Mohammadi, H. and Massumi, H. 2017. Isolation, identification and pathogenicity of botryosphaeriaceae and phaeoacremonium species associated with decline of *Prunus species* in Iran.

Journal of Plant Pathology 99 (3): 571-581

Slippers B, Boissin E, Phillips AJL, Groenewald JZ, Lombard L, Wingfield MJ,

Postma A, Burgess T and Crous PW. 2013. Phylogenetic lineages in the *Botryosphaeriales*: a systematic and evolutionary framework. Studies in Mycology 76:31-49.

SIRE (Sistema de información para la reforestación). 2019. Ficha *Yucca filifera*.

Disponible en:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1016Yucca%20filifera.pdf>. Fecha de consulta: 31 de Mayo de 2019

Rentería, A. L. I. 2000. Dinámica del crecimiento de hojas, flores y frutos de *Yucca filifera* Chabaud y el efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley sobre la producción de semillas en Linares, N. L., México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L. 79 p.

Rocha-Flores, R. S. 2012. Hongos Frecuentes de la Hoja de la *Yucca* spp. y Evaluación de la Incidencia y Severidad de Daños en el Sur de Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Mex. 62 p.

Villavicencio MA, Pérez-Escandón B. E. 1995. Tipos de fruto de *Yucca filifera* y formas asociadas de *Tegeticula yuccasella* (Lepidoptera). Boletín de la Sociedad Botánica de México 57: 121-123.

Yucca-filifera-a-new-host-of-diplodia-mutila-in-morocco. 2019. Pudrición negra de la hoja causada por *Botryodiplodia* sp Disponible en: https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjxuMX_nPviAhUBeKwKHSX6BTIQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fdocplayer.net%2F48497609-Yucca-filifera-a-new-host-of-diplodia-mutila-in-

[morocco.html&psig=AOvVaw0IHvEmp0QBNXsDnEXE26Mo&ust=156122](#)

8697165036. Fecha de consulta: 21 de junio de 2019.