

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“Evaluación de daños causados por enfermedades en
Myrtillocactus geometrizans (C. Martius) Console (garambullo) en
la región de Zapotitlán Salinas, Puebla”**

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G O
P R E S E N T A
JOSEFINA CRUZ SANTOS

DIRECTOR DE TESIS:
DR. RODOLFO DE LA TORRE ALMARÁZ

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A la memoria de mi padre Miguel Cruz de la Rosa quien fue un hombre muy trabajador, pero sobre todo por ser un gran ser humano.

También a la memoria de Artemio Rojas Garduño por ser un excelente amigo.

A mi madre Irinea R., a mis hermanos, Juani, Francisco J., Raymundo, Ma. Luisa y sobrinos César, Juan, Laura, Claudia, David, Héctor J., Ana L., F. Javier, Jazmín, Anibal, R. Miguel, Oliver, J. Luis, Zuleica , Xiuhtlamin, Perla A., Jacquelin, Beto, y Arturo, por el gran afecto y apoyo que siempre me han dado.

A Norma L.Salazar P., Ana Ma. Soriano M., Angélica Montaña C., Hugo Monroy L., por toda la ayuda que me han dado y por su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda por haberme dado la oportunidad de estar en la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) y por toda la ayuda que me brindo.

Al Dr. Rodolfo De La Torre Almaráz por haber aceptado dirigir el presente trabajo.

A la Dra. Pilar Rodríguez Guzmán del Colegio de Postgraduados por toda la ayuda recibida en este trabajo y por brindarme su amistad.

Al Dr. Rafael Lira Saade por todos sus valiosos comentarios en este trabajo, sus consejos y sobre todo por su confianza.

Al Dr. Salvador Arias Montes por toda la ayuda recibida para la culminación de este trabajo.

A Dr. Saúl Maya Flores y al M. en C. Manuel Mandujano Piña, por sus valiosos comentarios para la terminación de este trabajo.

A mis excompañeros del laboratorio de Microbiología Cilia Martínez D., Fabiola Cota T., Pedro Meza y Alejandro Monsalvo R., por toda la ayuda recibida tanto en el laboratorio como en el campo.

Al Dr. Ricardo Mejía por brindarme su ayuda y amistad.

A los Doctores Oswaldo Téllez, Julio Lemos, por sus valiosos comentarios y observaciones en este trabajo.

A los maestros Ángeles Sanabria, Bertha Segura, Susana Gama, Edith López, Margarita Canales, Margarita, Moreno, Martha Martínez, Teresa Mejía C., Silvia Romero, Martha Usúa, Andrés Cruz, Roberto Rico, José Martínez, Jorge Campos, Daniel Muñoz, Francisco López, Carlos Rojas, Elías Piedra, Ernesto Aguirre, por brindarme su amistad.

A mi prima Leticia Santos H., por ser una gran persona.

A mis amigos, Adriana Pérez, familia Betanzos F., Isela Rodríguez A., Aidé Avendaño, Rocío Rosas, Luz Ma. Silva O., Yolanda Soto, Lourdes Salguero R., Adriana Ariza M., Patricia Ventura, Gloria Núñez Z., Cristina Almonte D., Alma Robles R., Lizbeth Perea A., Gabriela Ramos, Gloria Guerrero, Ángeles Flores, Luisa Sáenz M., Teo Florencio, Alma Padilla, Rosalinda Dorantes, , Juani Gaspar., Irma Aviles, Aída Palacios, Lourdes Serrano, Mayra Hernández, Miriam Santillán H., Elizabeth León, Rocío Serrano, Teresa González, Ernestina González L., César González, Roberto Garcilazo T., Jesús Martínez M., Abraham Lozada R., Carlos Contreras Othón Rojas, José C. Romero R., Enrique Medina, Martín Paredes, Carlos Morín, por toda su apoyo y amistad

ÍNDICE

| | |
|---|----------------------------------|
| ÍNDICE..... | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS. | III |
| ÍNDICE DE CUADROS. | 4 |
| RESUMEN..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| I.- INTRODUCCIÓN..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| II.- DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO | ¡Error! Marcador no definido. |
| III.- ANTECEDENTES | ¡Error! Marcador no definido. |
| IV.- OBJETIVOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| V.- MATERIALES Y MÉTODOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.0 SELECCIÓN DEL AREA DE MUESTREO | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1 AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE PATÓGENOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1.1.SIEMBRA DIRECTA | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1.2 CÁMARA HÚMEDA | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1.3 OBSERVACIÓN DIRECTA DE TEJIDOS ENFERMOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.2 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PATÓGENOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.3 PRUEBAS DE PATOGENICIDAD | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.2 EVALUACIÓN DE INCIDENCIA | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN | ¡Error! Marcador no definido. |

6.0 AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE PATÓGENOS ¡Error! Marcador no definido.

6.0.1 CENICILLA ¡Error! Marcador no definido.

6.0.2 COLAPSO ¡Error! Marcador no definido.

6.0.3 COSTRA GRIS..... ¡Error! Marcador no definido.

6.0.4 OJO DE PESCADO ¡Error! Marcador no definido.

6.2 AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS. ¡Error! Marcador no definido.

6.3 SIEMBRA DIRECTA ¡Error! Marcador no definido.

6.4 CÁMARA HÚMEDA..... ¡Error! Marcador no definido.

6.5 OBSERVACIÓN DE TEJIDOS ENFERMOS.... ¡Error! Marcador no definido.

6.6 IDENTIFICACIÓN.....

Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PATÓGENOS..... ¡Error! Marcador no definido.

6.6.2 COSTRA GRIS..... ¡Error! Marcador no definido.

6.6.3 OJO DE PESCADO ¡Error! Marcador no definido.

6.7 PRUEBAS DE PATOGENICIDAD ¡Error! Marcador no definido.

6.8 EVALUACIÓN DE SEVERIDAD DE DAÑOS .. ¡Error! Marcador no definido.

6.9 EVALUACIÓN DE INCIDENCIA ¡Error! Marcador no definido.

6.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... ¡Error! Marcador no definido.

VII.- CONCLUSIONES ¡Error! Marcador no definido.

VIII.- PROPUESTAS ¡Error! Marcador no definido.

IX.- BIBLIOGRAFÍA ¡Error! Marcador no definido.



ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1. Localización de Zapotitlán Salinas Puebla (<http://www.inegi.gob.mx>)**
..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.- Localización de los sitios de muestreo.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 3.- Estratos de evaluación de severidad.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 4.- Planta de garambullo con síntomas de “cenicilla”.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 5.- Brazo de garambullo con síntomas secundarios. ...** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 6.- Parte superior de un brazo de garambullo presentando los síntomas de “costra gris”.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 7.- Brazo de garambullo con síntomas de “ojo de pescado” en diferentes etapas de desarrollo.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 8.- Micelio y conidios de *Cacumisporium* sp. A: 400 aumentos.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 9.- Conidiosporas del *Cacumisporium* sp. A: 1000 aumentos.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 10.- Corte del cuerpo fructífero de *Didymosphaeria* sp. A : 100 aumentos.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 11.- Ascas y ascosporas de *Didymosphaeria*. A: 400 aumentos. ...** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 12 .- Ojo de pescado desprendido de garambullo A: 100 aumentos.**
..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 13.- Detalle de la capa de cuerpos fructíferos de *Mycosphaerella* y del tejido dañado de la planta. A: 100 aumentos.** ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 14.- Corte del cuerpo fructífero de *Mycosphaerella*. A: 100 aumentos.**
..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 15.- Conjunto de ascas y ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 16.- Asca con ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.. ¡Error!

Marcador no definido.

Figura 17 .- Ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.. ¡Error! Marcador

no definido.

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1.- Especies de Cactáceas atacadas por patógenos. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 2.- Escala arbitraria de síntomas. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 3.- Porcentaje de severidad en las enfermedades por estrato y sitio. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 4.- Promedio de la severidad de cada una de las enfermedades y su porcentaje total por sitio. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 5.- Niveles de severidad por estratos de cada una de las enfermedades evaluadas en *M. geometrizans*. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 6.- Porcentaje de incidencia total de enfermedad por sitio. ¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 7.- Incidencia de las cuatro enfermedades en *M. geometrizans*, por sitio. ¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

Durante el periodo de 2001-2003, en la Región de Zapotitlán Salinas, Puebla, se identificó a una bacteria y tres especies de hongos, como los patógenos asociados a los síntomas de “colapso”, “cenicilla”, “costra gris” y “ojo de pescado”, respectivamente, en plantas de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans* (C. Martius) Console), que probablemente afectan su sobrevivencia, así como el rendimiento y calidad de sus frutos. Se determinó que el “colapso”, aunque devastante y que puede destruir secciones enteras o toda la planta en pocos días, se presentó con muy baja incidencia en la región. Se determinó que los síntomas de “colapso” son inducidos por una bacteria del género *Erwinia*. Por otro lado, se identificó al hongo *Cacumisporium spp.* (Deuteromycete) relacionado con los síntomas de la “cenicilla” y aunque esta enfermedad se encontró ampliamente distribuida en la región, su presencia no parece tener algún efecto en las plantas colonizadas. La “costra gris” fue la segunda enfermedad en importancia por la severidad e incidencia de daños causados en el garambullo y relacionados estrechamente con una especie desconocida del hongo *Didymosphaeria spp.* Finalmente, por la severidad de daños así como por su incidencia, el ojo de pescado resultó la enfermedad más destructiva del garambullo, afectando particularmente y con mayor intensidad a las partes jóvenes y tiernas de las plantas. Por sus características morfológicas este hongo fue identificado como *Mycosphaerella sp.* (Ascomycete), proponiéndose el nombre específico de *myrticola* (nova especie), para este aislamiento en particular.

I.- INTRODUCCIÓN

Enmarcada en la diversidad vegetal de México, la familia Cactácea destaca por su amplia representatividad y es considerada como una de las más ricas dentro del Reino Vegetal. Hasta ahora se reconocen 63 géneros con 669 especies silvestres, de las cuales 51.8% son endémicas de México (Guzmán *et al.*, 2003).

La representatividad de esta familia botánica es altamente significativa en las zonas semiáridas, siendo en los matorrales xerófilos donde se encuentra aproximadamente un tercio de las cactáceas en la flora mexicana, aunque también se encuentran numerosas especies en las zonas cálido-húmedas (Toledo, 1988).

Una zona semiárida típica de nuestro país es la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, considerada como parte de la región xerofítica mexicana (Rzedowski, 1978), localizada al sureste del estado de Puebla y al noreste del estado de Oaxaca. En la región se han registrado más de 2700 especies diferentes de plantas (Dávila *et al.*, 1993), que conforman cerca de 29 tipos diferentes de asociaciones vegetales identificados en la región y que son el producto de la alta heterogeneidad geológica y ambiental descrita para la zona, cifras que confirman que el Valle de Tehuacán es uno de los reservorios más ricos en diversidad biológica de las zonas áridas en el mundo (Banuet *et al.*, 2001).

En la actualidad, diversos estudios etnobotánicos han registrado la existencia de más de 800 especies de plantas útiles para la región (Casas y Valiente-Banuet, 2001). Destaca un número considerable de recursos maderables y no maderables que en la actualidad son aprovechados directamente por las familias campesinas

para satisfacer necesidades básicas de alimentación, salud, combustible y construcción de viviendas y otros más que se extraen para su comercialización.

Una especie de cactácea especialmente importante para los habitantes de la región de Tehuacán es el “garambullo” (*Myrtillocactus geometrizans*), de la que se utilizan principalmente sus frutos para el consumo en fresco o para la preparación de jaleas, mermeladas, jugos o vinos, que al ser comercializados son una fuente extra de recursos económicos. Otras partes del garambullo también son utilizadas como material combustible o para la construcción.

En recorridos realizados durante el periodo de 2001-2003 en la región de Zapotitlán Salinas, que forma parte del Valle de Tehuacán, se observaron diversas clases de daños en numerosas plantas de garambullo, como mutilaciones en ramas y tronco, engrosamiento de corteza, deformaciones del tronco, manchas o mosaicos, clorosis, así como pudriciones secas o húmedas, que dañan partes o toda la planta. Las plantas con estos síntomas aceleran su madurez o algunas mueren repentinamente, afectando la sobrevivencia o la calidad del rendimiento.

Por el tipo de síntomas observados en el garambullo, así como análisis preliminares de laboratorio, indicaron que estos daños eran probablemente causados por el ataque de microorganismos fitopatógenos desconocidos o no descritos en México.

Diagnósticos fitopatológicos preliminares obtenidos en la región en otras especies de cactaceas, como *Opuntia pilifera*, *Stenocereus hollianus*, *Neobuxbamia tetetzo*, entre otras, permitieron asociar a diversas especies de hongos y bacterias con la mayoría de los síntomas observados en condiciones de campo. Algunos de estos síntomas eran similares a los encontrados en plantas de garambullo, por lo que era probable que ciertos organismos

fitopatógenos fueran los causantes de estos daños. Por lo tanto y considerando la importancia económica que representa el garambullo para algunos sectores sociales en el municipio de Zapotitlán Salinas, el objetivo del presente trabajo fue la identificación de los agentes causales asociados con las enfermedades en el garambullo, así como establecer la severidad e incidencia de daños en la principal región productora de fruto de esta planta en Zapotitlán Salinas.

II.- DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El Valle de Zapotitlán Salinas (Figura 1) se encuentra al sureste de estado de Puebla y zonas adyacentes al noroeste de Oaxaca. Limita al oriente con las Sierras de Atzingo y Miahuatepec, al norte con los cerros Chacateca y Pajarito, al poniente con los cerros Gordo y Otate y al sur con los cerros Yistepec y Acatepec (Barrera, 2001). Tiene una superficie aproximada de 269 Km² y se ubica entre los 18°24' y 18°12' latitud norte y entre los 97°24' y 97°36' longitud oeste. El Valle pertenece en términos hidrográficos a la Cuenca del Río Salado y colinda al noroeste con el Valle de Santa Ana, este último pertenece también a dicha cuenca. El clima de Zapotitlán Salinas de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), a un Bsohw (egw): clima seco con régimen de lluvias de verano, la temperatura media anual es de 21°C, presentándose una canícula bien definida a mitad del período de lluvias, con una precipitación media anual de 400 a 450 mm (Neri, 2000).

El Valle de Zapotitlán Salinas pertenece a la provincia de Tehuacán-Cuicatlán, distinguiéndose por su fisonomía accidentada típica de la región conocida como Alta Mixteca. Entre las principales geoformas que caracterizan al área están los depósitos aluviales, laderas, zonas planas, cerros, barrancas, cuevas y serranías con suelos derivados de lutitas areniscas y calizas (Barrera, 2001).

La vegetación es característica de zonas semiáridas y con algunos elementos característicos del trópico seco compuesta principalmente por matorrales y selvas bajas caducifolias de las cuales se tienen cinco categorías y son las siguientes:

Matorral espinoso con espinas terminales no mayor a dos metros de altura, las especies mas importantes son *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Mimosa luisana*, *Cordia curassavica*, *Bursera arida*, *Fouquieria formosa*.

También se encuentran plantas suculentas y algunos elementos rosetófilos pertenecientes a: *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera*, *Agave Karwinskii*, *Mammillaria carnea* y *Mammillaria sphacelata* (op. cit.).

Matorral crasicaule ó tetechera, son agrupaciones de plantas crasas de 3 a 1 metros de altura la especie mas importante es *Neobuxbaumia tetetzo* y algunos arbustos; *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *Castela tortuosa*, *Fouquieria formosa*, *Opuntia depresa*, *Beaucarnea gracilis*, *Pachycereus hollianus* y *Cephalocereus columma-trajani* (Barrera, 2001).

Selva baja espinosa perennifolia, se caracteriza por el predominio de *Prosopis laevigata* constituyendo los llamados mezquiales conformado por estratos arbustivos y herbáceos y una variedad de pastos.

Las especies abundantes son *Celtis pallida*, *Castela tortuosa*, *Cercidium praecox* y cactáceas como: *Stenocereus pruinosus*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera*, *Opuntia tunicata*, *Pachycereus hollianus*, *Pachycereus marginatus*, y *Peniocereus viperinus*. En el estrato herbáceo son: *Verbesina sp.*, *Talinum paniculatum* , *Agave marmorata* y *Agave macroacantha*. Los pastos *Aristida glauca* y *Bothriochloa barbinodis*, entre otros (op. cit.).

Tetechera-Cardonal, presenta una mezcla de cactáceas columnares como *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani*, *Mimosa luisana*, *Fouquieria formosa*, *Caesalpinia meladenia*, *Prosopis laevigata*, *Senna holwayana*, *Zapoteca formosa*, *Yuca sp.* junto con *Plumeria rubra* (Barrera, 2001).

Cardonal, las especies dominantes son *Stenocereus stellatus* y *Myrtillocactus geometrizans*, *Cephalocereus columna-trajani* y algunos elementos de Izotal; *Beaucarnea gracilis* y una gran variedad de Agaves, y un pasto *Sporobolus pyramidatus* (op. cit.).

Selva baja caducifolia, predominan las familias *Casalpiniaceae*, *Fabaceae* y *Mimosaceae* y las especies *Mimosa lacerata*, *Prosopis laevigata*, *Senna holwayana*, *Zapoteca formosa*, *Acacia sericea*, *Ceiba parviflora* y *Bursera biflora*, además de *Myrtillocactus geometrizans*, *Yucca* spp. junto con *Plumeria rubra* (Barrera, 2001).

República Mexicana

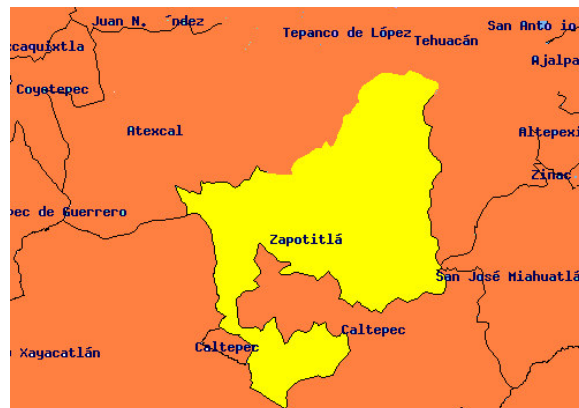
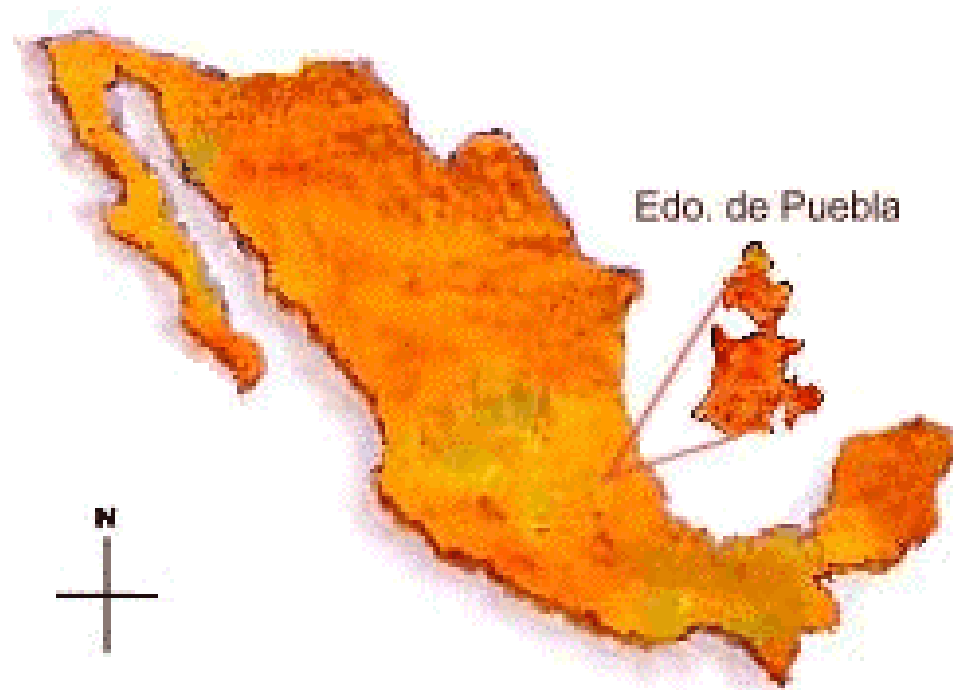


Figura 1. Localización de Zapotitlán Salinas Puebla (<http://www.inegi.gob.mx>)

III.- ANTECEDENTES

La mayoría de las especies de la familia Cactácea poseen una combinación de características biológicas y ecológicas que las hacen muy vulnerables a factores de perturbación natural o inducida por el ser humano. En condiciones naturales las cactáceas generalmente tienen tasas de crecimiento muy bajas y sus ciclos de vida son frecuentemente muy largos. Por otra parte, sus reducidos niveles de reclutamiento, determinan que por lo común las poblaciones se recuperen demográficamente de una manera extremadamente lenta después de un episodio de perturbación. Además, sus particulares patrones de distribución geográfica representan un enorme riesgo de supervivencia a cualquier forma de perturbación local (Hernández y Godínez, 1994).

Las cactáceas son uno de los grupos más amenazados del reino vegetal. Las poblaciones naturales de muchas de las especies han sido afectadas por las presiones del desarrollo humano, principalmente debido a la utilización del suelo para prácticas agrícolas y/o pecuarios, así como actividades de extracción de plantas de su hábitat para su venta como plantas de ornato en mercados nacionales e internacionales (Hernández y Godínez, 1994).

Diversos factores directos se han identificado como limitantes en la sobrevivencia o que afectan la calidad y cantidad de la producción de diversas especies de cactáceas, principalmente en las cultivadas, entre las que destacan las plagas y enfermedades como las principales causas de daños directos.

Rodríguez y Apesteguía (1985) mencionan a diversas especies de patógenos en cactáceas cultivadas. Mencionan a los hongos *Phytophthora cactorum*, como el causante de la pudrición de la raíz y la base del tronco, *Botrytis cinerea* y a

Gloesporium, que forman manchas pardas y redondas sobre los cactus y a *Fusarium oxysporum* que produce pudrición suaves y secas en distintas partes del tronco.

Los mismos autores mencionan a los nematodos *Meloidogyne spp.* y *Heterodera spp.* como causantes de agallas o protuberancias de las raíces, así como a fitoplasmas relacionados con sobrecrecimientos y a diversas especies de bacterias con pudriciones blandas. Finalmente, indican que algunos síntomas de mosaicos o rayas cloróticas pudieran estar asociados con ataques por virus desconocidos.

Entre las especies de plagas que afectan a las cactáceas señalan a los piojos de la raíz (*Rhipersia falcifera*), que succionan la savia de las raíces, las plantas se debilitan y mueren. Los pulgones o piojillos, penetran en las plantas por los botones, flores o en otras partes suculentas, succionando la savia. Estos pulgones pudieran actuar como portadores de virus en el momento de iniciar su periodo de alimentación. En los escurrimientos del líquido azucarado secretado por los pulgones se desarrollan colonias del hongo *Fumago salicina* que puede cubrir la superficie de los tallos y disminuir la fotosíntesis. Otras plagas son las cochinillas que se encuentran en los cactus cerca del ápice. Son frecuentes los ataques por las larvas de diversas especies de Lepidopteros y Dípteros, que invaden y dañan directamente el tejido de las cactáceas o son vectores eficientes de bacterias y levaduras causantes de pudrición de plantas.

En el Cuadro 1 se observan algunas cactáceas que han sido estudiadas y también se ha identificado al patógeno causante de los síntomas presentes en ellas, así

como a otros patógenos que no se identifican aún, por lo que nos confirma que falta por determinar a los causantes de las enfermedades en cactáceas.

Cuadro 1.- Especies de Cactáceas atacadas por patógenos.

| Especie | Localización | Síntomas | Patógeno identificado | Referencia |
|--|---------------------------|---|---|-------------------------------|
| <i>Myrtillocactus geometrizans</i> | En Arizona | No lo mencionan | <i>Dichotomophthora</i> | Pfeiffer <i>et al.</i> (1989) |
| <i>Stenocereus</i> spp. | Michoacán | Costra negra y costra plateada | <i>Aschochyta</i> spp <i>Poma</i> spp. | Rebollar <i>et al.</i> (1997) |
| <i>Pachycereus pringlei</i> | Baja California Sur | Decaimiento y Aplanación apical | No lo identifican | Bashan <i>et al.</i> (2000) |
| <i>Neuboxbaumia macrocephala</i> y <i>N. mezcalensis</i> | Zapotitlán Salinas,Puebla | Anillos concéntricos | No lo identifica | Martínez (2002) |
| <i>N. tetetzo</i> | “ | Costras grises | “ | “ |
| <i>Opuntia depressa</i> | “ | Mal del oro | <i>Alternaria</i> sp. | “ |
| <i>Opuntia pilifera</i> | “ | Mal del oro Mancha gris Alfombra amarilla | <i>Alternaria</i> sp. <i>Didymosphaeria</i> sp. <i>Nigrospora</i> sp. | “ |
| <i>Pachycereus marginatus. P. hollianus</i> | “ | Mancha negra | <i>Leptosphaeria</i> | “ |

El garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) forma parte del ecosistema del Valle de Tehuacán y es una especie de importancia en Zapotitlán Salinas por el uso directo que los habitantes de la región le han dado a esta planta, ya que se utiliza como leña, cerca viva, para la construcción de viviendas y como planta ornamental, mientras que los frutos se consumen frescos o para la preparación de vinos, mermeladas y golosinas de consumo local y regional (Casas *et al* 2001, Paredes, 2001).

Las flores de esta especie se consumen “capeadas” y fritas. Los frutos se consumen, en general, frescos y en algunos lugares se transforman en licor, mermelada, almíbar y pasas. También se utiliza la planta como medicina al usar su tallo rebanado, en Te y tomado para aliviar la tos. Otro uso que se da a la especie es colocar sus tallos en forma de silo para almacenar rastrojos de maíz.

(Coronado y Vega, 1990).

Oliveros (2000) menciona a *M. geometrizans* como una de las especies más numerosas que presenta mayor densidad y un 90% de la cobertura vegetal en las terrazas e islas aluviales de Zapotitlán Salinas. Esta cactácea arborescente, junto con *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) F. Buxb., son especies que presentan mayor grado de reclutamiento por reproducción vegetativa. También juegan un papel en la economía, cultura y sociedad de los habitantes de Zapotitlán, porque de ellas se obtiene una variedad de productos útiles para ellos.

En recorridos realizados durante el periodo de 2001-2003 en la región de Zapotitlán Salinas, que forma parte del Valle de Tehuacán, se observaron diversas clases de daños en numerosas plantas de garambullo, como mutilaciones en ramas y tronco, engrosamiento de corteza, deformaciones del tronco, manchas o

mosaicos, clorosis, así como pudriciones secas o húmedas, que dañan partes o toda la planta. Las plantas con estos síntomas aceleran su madurez o algunas mueren repentinamente, afectando la sobrevivencia o la calidad del rendimiento.

Por el tipo de síntomas observados en el garambullo, así como análisis preliminares de laboratorio, indicaron que estos daños eran probablemente causados por el ataque de microorganismos fitopatógenos desconocidos o no descritos en México.

Diagnósticos fitopatológicos preliminares obtenidos en la región en otras especies de cactáceas, como *Opuntia pilifera*, *Stenocereus hollianus*, *Neobuxbamia tetetzo*, entre otras, permitieron asociar a diversas especies de hongos y bacterias con la mayoría de los síntomas observados en condiciones de campo. Algunos de estos síntomas eran similares a los encontrados en plantas de garambullo, por lo que era probable que ciertos organismos fitopatógenos fueran los causantes de estos daños.

En enfermedades de especies cultivadas se tiene un desarrollo significativo en la tecnología para combatirlas (agroquímicos, maquinaria, etc.) y prácticamente se conoce poco sobre las enfermedades que afectan en particular a las especies de cactáceas que crecen en forma silvestre en Zapotitlán Salinas, así como el origen y las causas. Los daños no están determinados, pero al parecer son causados por la acción conjunta o individual de plagas o enfermedades.

La eficacia en el control y manejo de enfermedades y sus patógenos, supone un conocimiento sobre la identidad del agente causal, su ciclo biológico, la determinación de las fuentes y densidad de inóculo, los mecanismos de acción y de inicio de la enfermedad, establecer las condiciones ambientales que

determinan el ataque, dispersión y supervivencia de patógenos, y finalmente la evaluación de daños que causan los patógenos en la planta (Allyb, 1975; Agrios, 1998; Horsfall, 1978; Burdon, 1987; Dickinson, 1987).

Por todo lo anterior y con el objeto de determinar cuales son las posibles causas que inducen los daños observados en el garambullo y que probablemente están influyendo en su deterioro, así como en la reducción de la calidad en la producción de esta especie, se han establecido los siguientes objetivos:

IV.- OBJETIVOS

- 1.-** Caracterizar e identificar a los patógenos asociados a los daños en *Myrtillocactus geometrizans* (C. Martius) Console (garambullo) en Zapotitlán Salinas Puebla.
- 2.-** Evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades que atacan al garambullo en la región productora de Zapotitlán Salinas.

V.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.0 SELECCIÓN DEL AREA DE MUESTREO

Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo (Figura 2), los cuales se determinaron considerando la mayor abundancia de individuos de *M. geometrizzans*, en el Valle de Zapotitlán y en donde por recomendación de algunos comerciantes de garambullo en la región, son los sitios en donde ocurre el mayor aprovechamiento de frutos.

Los sitios de muestreo tienen las siguientes coordenadas:

Sitio 1: 18°18'26" de latitud norte, 97°31'12" de longitud occidental y Altitud: 1582m; **Sitio 2:** 18°17'27" de latitud norte, 97°31'2" de longitud occidental y Altitud: 1607m; **Sitio 3:** 18°17'18" de latitud norte, 97°31'26" de longitud occidental y Altitud: 1617m; **Sitio 4:** 18°18'24" de latitud norte, 97°31'38" de longitud occidental y Altitud: 1535m.

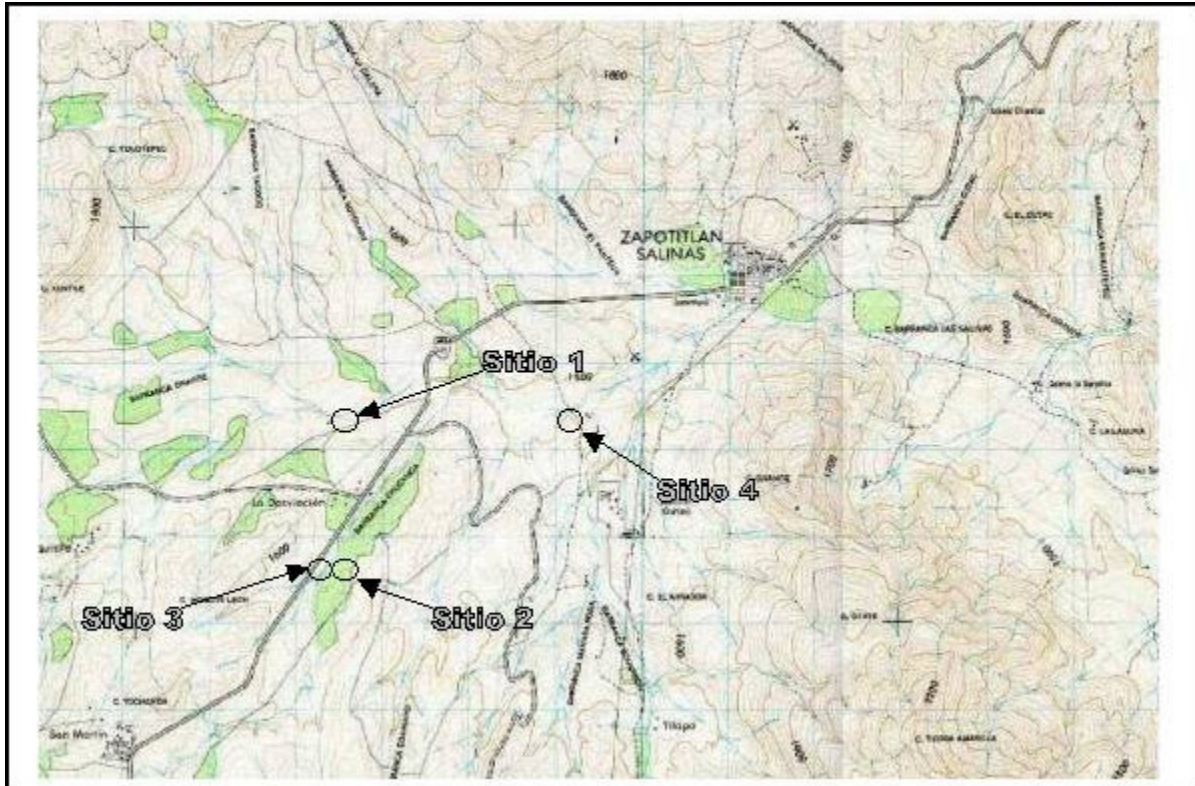


Figura 2.- Localización de los sitios de muestreo.

Tehuacán

Carta topográfica

Escala 1:50,000

5.1 AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE PATÓGENOS

En lo referente a la colecta del material utilizado para llevar a cabo la identificación de los posibles agentes causales de las enfermedades, se seleccionaron y recolectaron partes de tejidos de *M. geometrizans* que presentaron diferentes tipos de daños, las cuales fueron transportados en bolsas de papel glasé al Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), para posteriormente describir con detalle los síntomas de cada enfermedad y la presencia de posibles estructuras de los patógenos (micelio, cuerpos fructíferos, esporas, etc.) (Echandi, 1971; Lot y Chiang. 1986).

Para cada uno de los síntomas, se procedió al aislamiento por medios de cultivos artificiales o a la inoculación en hospederas indicadoras y diferenciales, de microorganismos utilizando protocolos microbiológicos específicos y en caso de probarse los postulados de Koch, aquellos se definieron como causantes de la enfermedad respectiva (Király, 1974; De la Isla, 1984).

5.1.1.SIEMBRA DIRECTA

De las muestras colectadas con los posibles organismos relacionados a la enfermedad (López, 1981), se tomó un trozo de aproximadamente 2 X 2 cm de tejido fresco, que se desinfectó con hipoclorito de sodio al 2% durante 3 minutos, se lavó con agua destilada estéril y se dejó secar en cajas de Petri en la cámara de flujo laminar.

Posteriormente estos pedazos de tejido enfermo fueron sembrados en cajas de Petri estériles conteniendo medio de cultivo de Papa-Dextrosa-Agar (PDA). Las cajas se mantuvieron a temperatura de laboratorio (15-20°C), hasta obtener alguna evidencia de microorganismos (op.cit.)

5.1.2 CÁMARA HÚMEDA

Para el trabajo en la cámara húmeda, se cortaron pedazos del material enfermo y se procedió como en la siembra directa, con la excepción de que las cajas Petri contenían papel filtro humedecido con agua destilada estéril, también las cajas se colocaron a temperatura ambiente (15-20°C), hasta obtener la esporulación de los posibles hongos.

5.1.3 OBSERVACIÓN DIRECTA DE TEJIDOS ENFERMOS

Del material de campo que presentó alguna evidencia o signos de un posible patógeno se obtuvieron cortes bajo microscopio estereoscópico, con una navaja nueva de rasurar y con una aguja de disección se depositaron de 4 a 5 cortes en portaobjetos que contenían una gota de azul de lactofenol para su observación. Con la finalidad de obtener las medidas de las estructuras de microorganismos y obtener el registro fotográfico, se realizaron preparaciones con agua destilada estéril en lugar de azul de lactofenol (Echandi, 1971; López, 1981)

5.2 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PATÓGENOS

Se identificaron y caracterizaron hasta nivel de género a cada uno de los organismos patógenos asociados a los síntomas de las plantas, mediante su aislamiento y cultivo en medios específicos (Bradshaw, 1976; Shaad, 1980; Da Silva Romeiro, 1982).

La morfología de los patógenos se observó bajo el microscopio compuesto, lo que permitió su ubicación taxonómica, utilizando diversas claves específicas. (Ainsworth, 1973; Barnett, 1972; Guzman, 1979; Streets, 1979; Hanlin, 1997, Ulloa y Hanlin 2000).

5.3 PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Para estas pruebas se seleccionaron muestras de garambullo que presentaban síntomas de “ojo de pescado” debido a que fue la enfermedad más común en la población de esta especie. De las partes dañadas se seleccionaron cuadros de aproximadamente 1cm x 1cm, que se utilizaron para inocular plantas sanas cultivadas en invernadero de *M. geometrizans* y de *Pachycereus hollianus* (como otro posible hospedero) de 20 a 30 cm de alto, 2 individuos por tratamiento que sirvieron de testigo para ser inoculadas con el posible patógeno y determinar la patogenicidad mediante los postulados de Koch (en los que se dice que para probar que un hospedante es un patógeno, se aísla al posible patógeno de la planta que presenta síntomas de enfermedad, se cultiva primero en un medio específico, después que se logro lo anterior se inocula en una planta sana y si esta presenta los mismos síntomas que la planta que estaba enferma se puede decir que se trata de un patógeno). Los tratamientos utilizados fueron:

Tratamiento 1.- A los individuos se les colocó un pedazo de muestra enferma con “ojo de pescado” y una torunda de algodón humedecido con agua destilada, entre el espacio que forman las costillas y se le puso un poco de cinta adhesiva para conservar el inculo adherido.

Tratamiento 2.- A los individuos se les hicieron pequeñas “heridas horizontales” con una navaja y después se colocó el pedazo infectado con “ojo de pescado”, también se cubrió con la torunda de algodón humedecido con agua destilada.

Tratamiento 3.- A estos individuos también se les “hicieron heridas” con una navaja y se asperjó con macerados de los cuerpos fructíferos que contenían las

esporas del hongo “ojo de pescado”, que estaban en una solución de aceite mineral vertiéndose en una botella con atomizador”.

Tratamiento 4.- A este grupo de individuos también se asperjó con la solución anterior, pero sin heridas.

Tratamiento 5.- A este grupo se le hicieron “heridas horizontales” en todo el individuo con un navaja y se asperjó con esporas maceradas en agua destilada.

Tratamiento 6.- En este grupo también se “hicieron heridas” horizontales en todo el individuo con una navaja, se asperjó con esporas y agua destilada, después todos los individuos se cubrieron con una bolsa de plástico, para que sirviera de cámara húmeda mientras eran transportados al invernadero.

Todo el material experimental se mantuvo en condiciones de invernadero (25-35°C) por más de 6 meses, pero los individuos inoculados se revisaron semanalmente.

5.4 EVALUACIÓN DE SEVERIDAD DE DAÑOS

En cada sitio se estableció un cuadrante de 50 x 50m (2500 m²), en donde se contabilizó el número total de individuos de esta especie. Para cada uno de los individuos ubicados dentro de cada uno de los cuadrantes de estudio, se tomaron los siguientes datos:

No de sitio, georeferenciación; altura, diámetro y cobertura de la planta; así como presencia de cada enfermedad y su grado de daño en el total de la planta, considerando una escala arbitraria de síntoma propuesta por James, (1971) en el que Cero (0) es igual a sin síntomas; 1=1-25%, 2=26-50%, 3=51-75%, 4=76-100% o planta muerta. Para tener un índice de característica poblacional, se promedió al intervalo de clase, para un porcentaje más confiable como lo muestra el cuadro 2.

Cuadro 2.- Escala arbitraria de síntomas.

| Porcentaje | Grado de daño | Promedio % |
|----------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 a 25% de tejido dañado | 1 | 12.5 |
| 26 a 50% de tejido dañado | 2 | 37.5 |
| 51 a 75 % de tejido dañado | 3 | 62.5 |
| 76 a 100% de tejido dañado | 4 | 87.5 |

Donde el grado de daño 1 se asigna al individuo que, tiene pocos síntomas de daño en el tejido, así sucesivamente conforme el individuo presenta más daño, aumenta el porcentaje de severidad, hasta que esta completamente dañado todo el individuo.

También se evaluó por estratos o altura de la planta, es decir se consideró un estrato superior (S), medio (M) y bajo (B) (Figura 3), ya que las enfermedades aparentemente presentaron una distribución vertical y diferente grado de síntomas, independientemente de la altura y de la edad de la planta (Zadoks, 1979).

Con los datos que se obtuvieron se elaboraron cuadros de las posibles enfermedades para cada uno de los cuatro sitios.

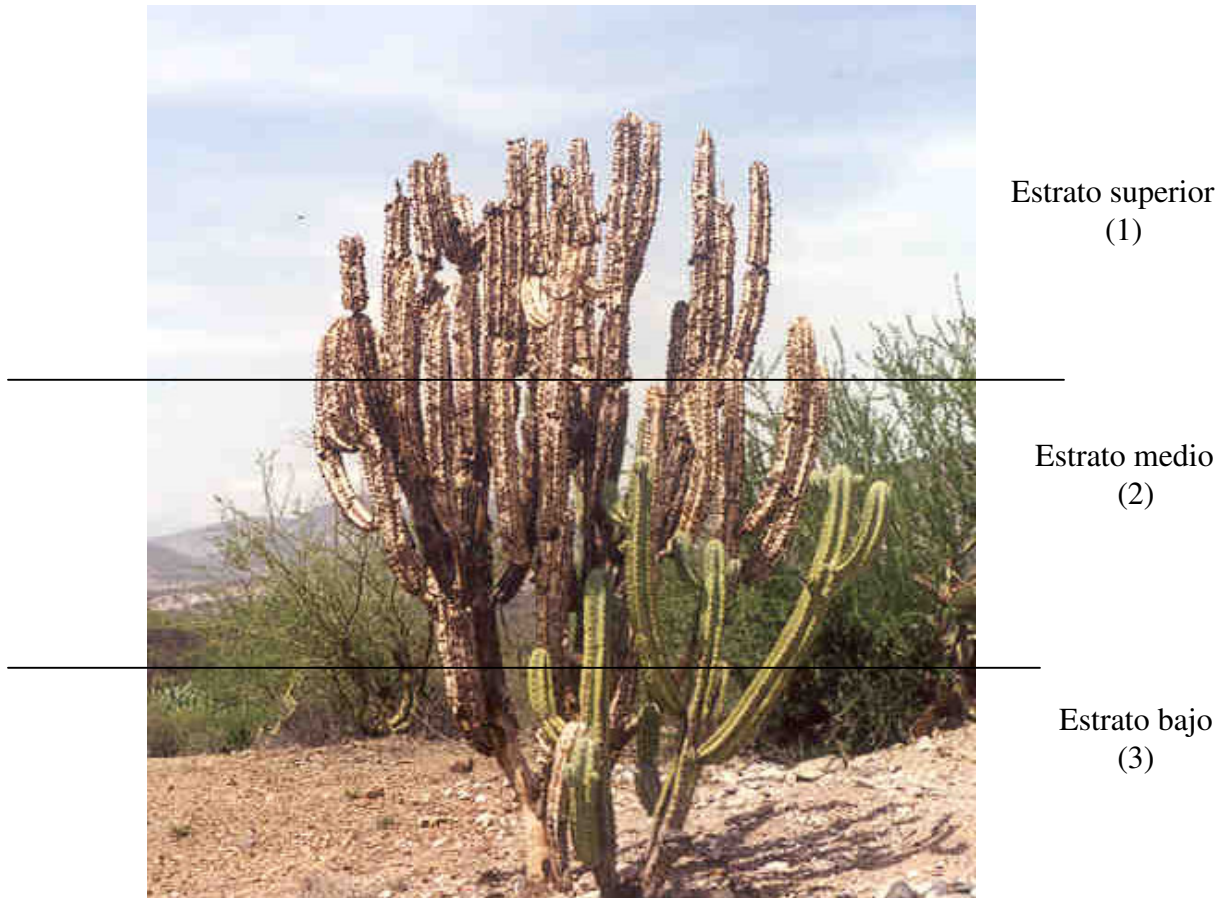


Figura 3.- Estratos de evaluación de severidad.

5.2 EVALUACIÓN DE INCIDENCIA

Se determinó el número de plantas enfermas en relación con las sanas, obteniendo el porcentaje de incidencia para cada enfermedad reconocida, en cada uno de los sitios de muestreo. Considerando los datos en la siguiente la formula:

$$\% \text{ De Incidencia} = \frac{\text{Número total de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas.}} \times 100$$

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboró una matriz de datos para establecer correlaciones y regresiones entre las siguientes variables: sitio, enfermedad, individuo, severidad, altura y cobertura, de cada uno de los cuatro sitios. Se aplicó el análisis de regresión lineal simple (GLM, por ser modelo desbalanceado), utilizando el paquete estadístico SAS.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.0 AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE PATÓGENOS

Los recorridos de revisión y reconocimiento de enfermedades, por síntomas observados, permitió diferenciar varios tipos de problemas asociados a posibles patógenos.

Con el objeto de hacer una distinción práctica de cada enfermedad, que fuera útil en la posterior evaluación de incidencia y severidad en plantas de esta especie, a cada tipo de síntomas se le asignó un nombre común, fácil de reconocer, aún sin identificar al agente causal. Las enfermedades que se observaron y se pudieron distinguir en la especie fueron: “cenicilla”, “colapso”, “costra gris” y “ojo de pescado”.

6.0.1 CENICILLA

Esta enfermedad se caracteriza porque las partes enfermas presentan manchas de color negro y aspecto afelpado, similar al tizne. Esta enfermedad se encontró en algunas partes o bien cubriendo a todo el individuo, dando un aspecto sucio o polvoso a la planta (Figura 4).

Aparentemente el daño producido por la incidencia de esta enfermedad es que reduce la vida del hospedante, ya que grandes porciones del individuo están cubiertas. Las plantas afectadas por esta enfermedad se observan adelgazadas y rápidamente pierden su vigor.



Figura 4.- Planta de garambullo con síntomas de “cenicilla”.

6.0.2 COLAPSO

Esta enfermedad se caracteriza por la resequedad repentina de la planta, que se inicia en las partes apicales y desciende al tallo que presenta hendiduras, de donde exuda una goma viscosa de color café claro. Las partes afectadas adquieren una coloración amarillo claro en la epidermis y una pudrición negra por dentro. La planta se desploma repentinamente, de aquí el nombre de “colapso”, que causa la pérdida rápida e irreparable de la planta, ya que la pudrición avanza por todo el tallo hasta la raíz (figura 5). El colapso se observa principalmente en plantas en plena etapa productiva o muy viejas, pero no en las jóvenes. Es menos común de observar en la región y cuando se presenta afecta a un solo individuo aún en presencia cercana con otros de la misma especie.



Figura 5.- Brazo de garrambullo con síntomas secundarios.

Hendiduras y exudados, relacionados con la enfermedad denominada “colapso”.

6.0.3 COSTRA GRIS

La enfermedad se caracteriza porque la epidermis dañada presenta manchas de color grisáceo, ligeramente abultadas, de consistencia seca y áspera. Los individuos afectados se observan en general raquíticos, adelgazados y con una tonalidad verde-amarillenta o francamente amarilla en estados muy avanzados de daño. Esta enfermedad puede presentarse en todo el individuo o sólo en algunas (Figura 6).



Figura 6.- Parte superior de un brazo de garambullo presentando los síntomas de “costra gris”.

6.0.4 OJO DE PESCADO

Esta enfermedad se inicia como manchas circulares de color blanco a beige superficie de la planta afectada. En el centro de la mancha de color negro que se rompe y da aspecto costroso a la lesión. Esta enfermedad fue la más común y la de mayor incidencia, en la especie (Figura 7). Los daños son muy profundos en el tejido y en estados avanzados se presenta una pudrición seca interna que daña a toda o partes importantes de la planta.



Figura 7.- Brazo de garmbullo con síntomas de “ojo de pescado” en diferentes etapas de desarrollo.

De las enfermedades antes descritas encontradas en la especie de estudio el nombre de “cenicilla” se utilizó como se menciona antes para reconocer a la enfermedad, aunque se han encontrado también “cenicilla” en plantas frutales como el durazno, que ataca al follaje y al fruto (De La Torre, 1992). En “colapso” solo se menciona el decaimiento de *Pachycereus pringlei* (Bashan *et al.*, 2000). Para “costra gris” no se menciona ningún reporte en la literatura y para “ojo de pescado” tampoco se encontró ningún reporte.

6.2 AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS

En lo referente al aislamiento del material con síntomas de las enfermedades presentes en garambullo, utilizando medios de cultivo artificiales como Papa-Dextrosa-Agar y Extrato de Malta Agar. se logró cultivar sólo de tejidos afectados con ojo de pescado, un micelio de color café oscuro al principio y después de color negro opaco, con un micelio denso y liberando un pigmento de color ocre oscuro. Sin embargo, en los medios no se logró obtener cuerpos fructíferos o esporas de algún tipo, por lo que con este método no fue posible caracterizar o identificar al posible patógeno relacionado con esta enfermedad. Los otros patógenos no formaron micelio de ningún tipo en medios de cultivo artificiales.

6.3 SIEMBRA DIRECTA

Las muestras de tejido fresco de los posibles organismos relacionados a las enfermedades de garambullo, que fueron sembradas directamente en las cajas Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa Agar, no se logró obtener los cuerpos fructíferos que se esperaban.

6.4 CÁMARA HÚMEDA

En esta prueba con cajas Petri conteniendo papel filtro humedecido con agua destilada, también los resultados para obtener la esporulación de los posibles patógenos fue nula.

6.5 OBSERVACIÓN DE TEJIDOS ENFERMOS

La elaboración de los cortes directos del tejido dañado, utilizando navajas de rasurar y preparaciones teñidas con lactofenol, permitieron identificar a varios hongos relacionados con los síntomas de enfermedades en garambullo.

Los hongos que se lograron identificar y relacionar con los síntomas fueron: para la “cenicilla” (*Cacumisporium* sp. Preuss.), “costra gris” (*Dydimosphaeria* sp.) y para el “ojo de pescado” (*Mycosphaerella myrticolla* sp.nov.). Con relación a la enfermedad denominada “colapso” se aisló e identificó a la bacteria *Erwinia cacticida*, como el probable agente causal.

6.6 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PATÓGENOS

6.6.1 CENICILLA.

El organismo relacionado con la cenicilla fue identificado como *Cacumisporium* sp Preuss., hongo Deuteromycete, perteneciente a los Moniliales que se caracteriza por poseer conidioforos negros, erectos, septados y simples, desarrollando una cabeza apical llena de conidios (simpodulosporas transversales) son de color café oscuro a negros, inicialmente hialinos, mayoría con tres septos y cuatro células, oblongos a fusiformes, doblados o curvados, producidas sobre puntos sucesivos de crecimiento sobre proyecciones hialinas de los conidioforos y agregándose en cabezuelas húmedas. Este hongo se ha reportado como saprofito (Figuras 8 y 9). Para la clasificación de los hongos asociados en garambullo se utilizaron criterios

contenidos en la 4ª .ed. Introducción a la mycología por Alexopoulos et al., 1996 y modificada por Ulloa y Hanlin (Ulloa y Hanlin , 2000).



Figura 8.- Micelio y conidios de *Cacumisporium* sp. A: 400 aumentos.



Figura 9.- Conidiosporas del *Cacumisporium* sp. A: 1000 aumentos.

6.6.2 COSTRA GRIS

Para “costra gris” el agente causal fue *Didymosphaeria* sp. Este hongo pertenece al Phylum Ascomyta, Clase Loculoascomycetes, Orden Pleosporales, Familia Pleosporaceae. Presenta un ascostroma uniloculado, peritecio seudotecio, separado o agregado inmerso subepidermal. Ascas bitunicadas cilíndricas o cilíndricas clavadas lisas o medianamente verruculosas, de color café olivo o café oscuro, de 1 a 8 a ascosporas con dos células medianas septadas.

En la región de Zapotitlán Salinas y en varias especies de cactáceas se han aislado e identificado varios patógenos causando enfermedades, los cuales han sido identificados como *Didymosphaeria*. Aunque los criterios para la identificación de este género y la variación de formas del hongo en el mundo, han causado una gran controversia para la inclusión de aislamientos en el grupo, los estudios de ascas y ascosporas indican que este aislamiento podría ser una nueva especie e incluso hasta un nuevo género (Figuras 10 y 11). Para la clasificación de los hongos asociados en garambullo se utilizaron criterios contenidos en la 4ª .ed. Introducción a la mycología por Alexopoulos et al., 1996 y modificada por Ulloa y Hanlin (Ulloa y Hanlin , 2000).

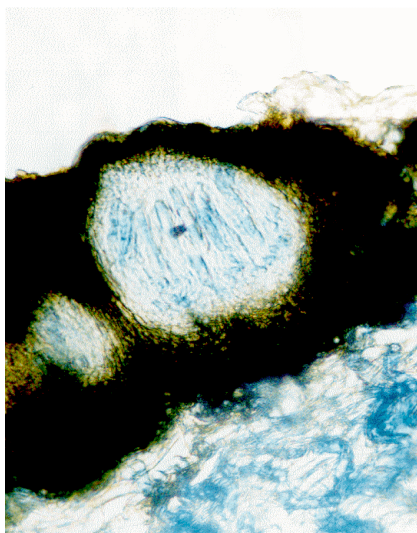


Figura 10.- Corte del cuerpo fructífero de *Didymosphaeria* sp. A : 100 aumentos.
Se observa el ascostroma con ascas.

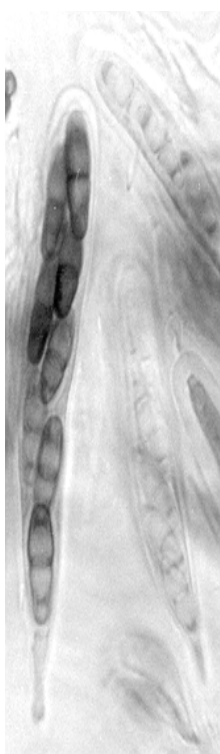


Figura 11.- Ascas y ascosporas de *Didymosphaeria*. A: 400 aumentos.

6.6.3 OJO DE PESCADO

De las lesiones del “ojo de pescado” (Figuras 12 a 17) se caracterizó a un hongo que se identificó como *Mycosphaerella*. Este género que pertenece al Phylum Ascomyta, Clase: Ascomycetes, Orden Dothideales. Familia: Dothideaceae. Tiene un ascostroma uniloculado, pseudotecio peritecioide erumpente o inmerso en el tejido del hospedante, solitario o agregado en grupos, pseudotecios muy pequeños negros a color del café oscuro, globosos o cónicos. Ascas bitunicadas oblicuas lisas transparentes, de 8 ascosporas con dos células medianas septadas. Para la clasificación de los hongos asociados en garambullo se utilizaron criterios contenidos en la 4ª .ed. Introducción a la mycología por Alexopoulos et al., 1996 y modificada por Ulloa y Hanlin (Ulloa y Hanlin, 2000).

No se encontraron reportes en la literatura especializada, en la que se indique que *Mycosphaerella* sea patógeno para las cactáceas en general ni para el género *Myrtillocactus*. Por lo anterior este sería el primer reporte para México y también para *Myrtillocactus geometrizans*. Es posible que se trate de una nueva especie por lo que se propone para éste aislamiento el nombre de *Mycosphaerella myrticolla*, como una nueva especie relacionada con el garambullo.

Por tal motivo como un aporte importante de este trabajo es la información obtenida para *M. geometrizans*, en lo referente a los patógenos que lo afectan, en su estado silvestre.

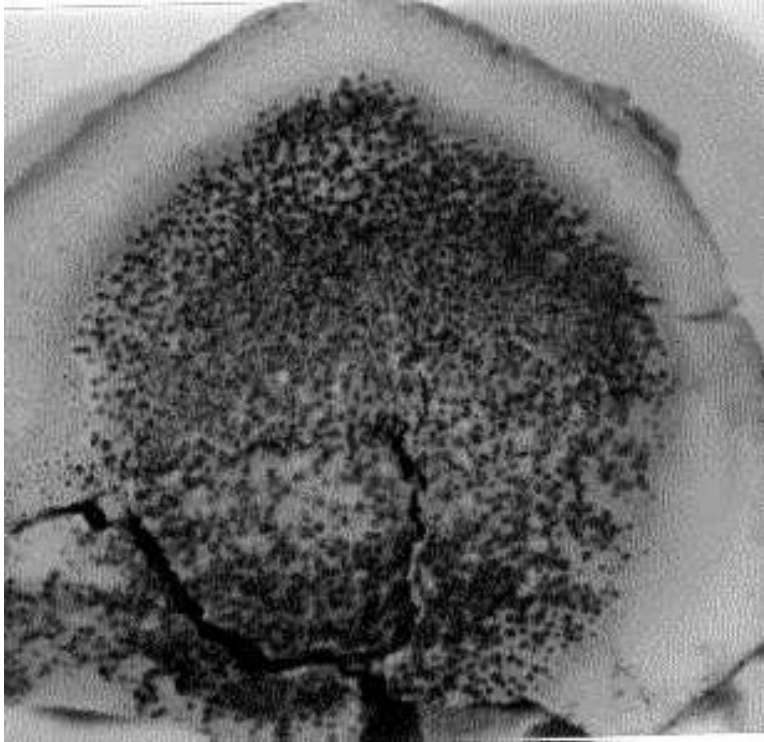


Figura 12 .- Ojo de pescado desprendido de garambullo A: 100 aumentos.
Los puntos negros corresponden a los cuerpos fructíferos del hongo, identificado preliminarmente como *Mycosphaerella*.

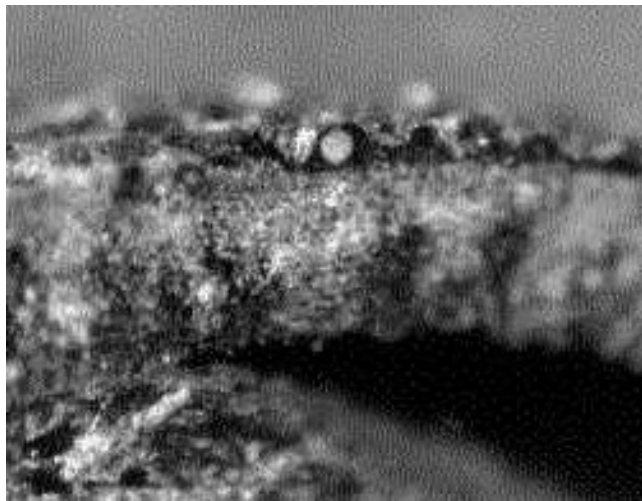


Figura 13.- Detalle de la capa de cuerpos fructíferos de *Mycosphaerella* y del tejido dañado de la planta. A: 100 aumentos.

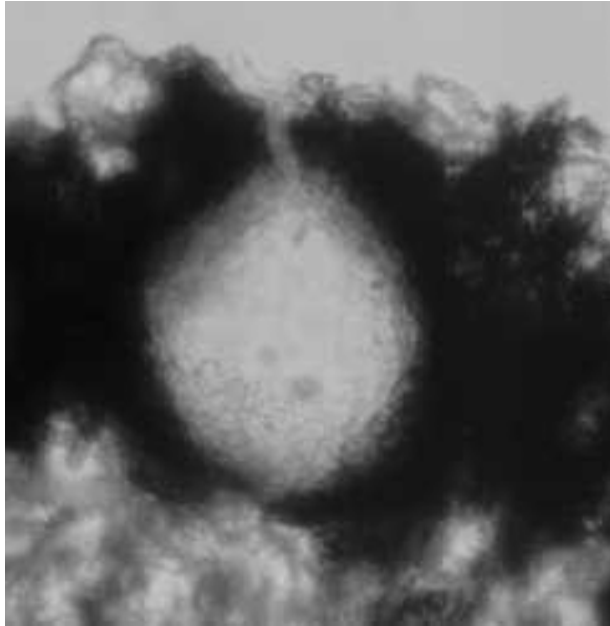


Figura 14.- Corte del cuerpo fructífero de *Mycosphaerella*. A: 100 aumentos.
Se observa el ascostroma rodeado de micelio de color negro.

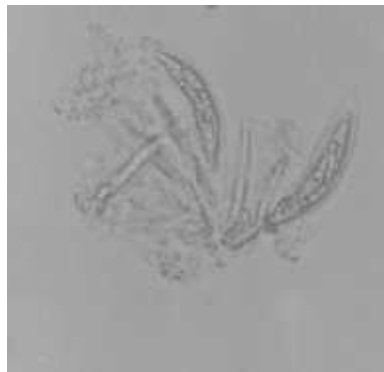


Figura 15.- Conjunto de ascas y ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.



Figura 16.- Asca con ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.



Figura 17 .- Ascosporas de *Mycosphaerella*. A: 400 aumentos.

6.7 PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Los organismos aislados de las lesiones de las plantas afectadas usadas para demostrar estrictamente los postulados de Koch, presentaron un desarrollo incompleto de los síntomas.

Esto posiblemente se debió a que las condiciones del invernadero no fueron las más adecuadas para las plantas y patógenos.

Así, en los individuos que fueron inoculados con el “ojo de pescado” y que estuvieron durante cuatro meses en el invernadero, los síntomas se presentaron hasta el cuarto mes. Los individuos también empezaron a presentar deshidratación en la superficie, así como una tonalidad morada y manchas blancas localizadas en el borde de las costillas, provocando aparentemente la muerte del individuo.

De los seis tratamientos sólo en el quinto, se observaron signos aparentes de ojo de pescado en el individuo. Esto pudo deberse a que los fitopatógenos se desarrollan generalmente, a temperaturas similares a las requeridas por sus hospedantes; así también las esporas de la mayoría de los hongos germinan a temperaturas semejantes a las requeridas para el desarrollo óptimo de las hifas.

(De la Isla, Ma., 1984).

6.8 EVALUACIÓN DE SEVERIDAD DE DAÑOS

Se evaluaron en total 197 individuos en los cuatro sitios de muestreo y se observó que estos individuos presentaron más de una enfermedad, así como diferencias en la incidencia y severidad de las enfermedades.

Para la evaluación de severidad se elaboraron también cuadros con los porcentajes de las enfermedades presentes en los cuatro sitios. En el cuadro 3 se observa el porcentaje de severidad para cada uno de los sitios y por estrato en que se dividió al individuo. Las cuatro enfermedades se presentan en todos los sitios y en todos los estratos, sin un aparente predominio de alguna de ellas. Ocasionalmente que los individuos presenten alteraciones externas e internas en la epidermis y tejido de estos.

Los daños son más intensos en las partes media e inferior para las enfermedades costra negra y ojo de pescado, pero disminuyendo en intensidad para cenicilla en los estratos medio y bajo.

El valor de mayor severidad de daños en los estratos medio y bajo indica que las enfermedades desarrollan y generan sus estructuras de propagación en las partes de las plantas donde están sujetas a menor daño por el medio ambiente, principalmente por insolación y deshidratación por altas temperaturas.

Cuadro 3.-Porcentaje de severidad en las enfermedades por estrato y sitio

| Estrato | Sitio | | | |
|-----------------------|--------------|----------|----------|----------|
| | % | | | |
| Enfermedad | 1 | 2 | 3 | 4 |
| (1) Superior | | | | |
| Cenicilla | 22.2 | 22.4 | 16.1 | 9.4 |
| Costra gris | 10.0 | 21.8 | 22.6 | 18.5 |
| Ojo de pescado | 31.2 | 16.8 | 29.1 | 14.5 |
| (2) Medio | | | | |
| Cenicilla | 17.5 | 16.1 | 20.5 | 11.0 |
| Costra gris | 19.5 | 34.6 | 34.6 | 24.6 |
| Ojo de pescado | 42.0 | 31.0 | 23.6 | 24.6 |
| (3) Bajo | | | | |
| Cenicilla | 26.6 | 7.9 | 16.6 | 11.4 |
| Costra gris | 24.5 | 31.0 | 36.9 | 25.1 |
| Ojo de pescado | 38.3 | 21.3 | 34.3 | 25.6 |

Para tener un porcentaje de severidad total por sitio, de cada uno de los estratos los datos se sumaron y se obtuvo el promedio de cada enfermedad. En el cuadro 4 se observa que los sitios 3 (78.0%) y 1(77.4%) fueron los que mayor severidad de enfermedades presentaron, mientras los daños en los sitios 2 (67.6%) y 4 (54.8%) son los que mostraron menor severidad. En cuanto a las enfermedades se puede observar que la “costra gris” y “ojo de pescado” son las más importantes.

Cuadro 4.- Promedio de la severidad de cada una de las enfermedades y su porcentaje total por sitio.

| Enfermedades | Cenicilla | Costra gris | Ojo de pescado | Total % |
|---------------------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| Sitio 1 | 22.3 a* | 18.0 a | 37.1 a | 77.4 |
| Sitio 2 | 15.4 ab | 29.2 b | 23.0 b | 67.6 |
| Sitio 3 | 17.7 ab | 31.3 b | 29.0 ab | 78.0 |
| Sitio 4 | 10.6 b | 22.7 ab | 21.5 b | 54.8 |

* Valores con la misma letra indican que no existe diferencia estadística significativa ($P = 0.05$) de acuerdo a la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey.

Cuadro 5.- Niveles de severidad por estratos de cada una de las enfermedades evaluadas en *M. geometrizans*.

| Estratos | Cenicilla | Costra gris | Ojo de pescado | Total |
|-----------------|------------------|--------------------|-----------------------|--------------|
| E 1 | 18.717 N.S. | 18.12 a | 24.34 a | 61.17 |
| E 2 | 16.931 N.S. | 29.33 b | 34.71 b | 80.97 |
| E 3 | 17.857 N.S. | 29.19 b | 31.28 ab | 78.32 |

N.S.= No significativo, no hay relación entre las variables.

Valores con la misma letra indican que no existe diferencia estadística significativa (P = 0.05) de acuerdo a la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey.

6.9 EVALUACIÓN DE INCIDENCIA

Con los datos obtenidos de campo, se elaboraron cuadros en donde se resumen los datos de la incidencia de enfermedades para cada uno de los sitios. En el cuadro 6 se indica el porcentaje de incidencia total presente, observándose que los sitios 1 y 4 fueron los mas afectados en incidencia de enfermedades, seguidos por los sitios 2 y 3.

El cuadro 7 muestra la incidencia para cada una de las cuatro enfermedades que se evaluaron en *M. geometrizans* , para “cenicilla” el sitio 1 y 3 el porcentaje de incidencia es mayor que en los sitios 2 y 4, para “colapso” solo se presento en los sitios 2 y 3 con un porcentaje casi similar, para “costra gris” los sitios 3 y 2 con mayor porcentaje, seguidos de los sitios 1 y 4, para “ojo de pescado” los sitios 1, 2 y 3 presentaron mayor porcentaje de incidencia, siendo el sitio 4 el de menor incidencia.

Cuadro 6.- Porcentaje de incidencia total de enfermedad por sitio.

| Sitios | Número de individuos | % Plantas enfermas | % Plantas Sanas |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 60 | 82.7 | 17.3 |
| 2 | 52 | 70.0 | 30.0 |
| 3 | 48 | 73.8 | 26.2 |
| 4 | 37 | 55.2 | 44.8 |

Cuadro 7.- Incidencia de las cuatro enfermedades en *M. geometrizans*, por sitio.

| | No. Individuos | % | | | |
|---|-----------------------|------------------|----------------|--------------------|-----------------------|
| | | Cenicilla | Colapso | Costra Gris | Ojo de Pescado |
| 1 | 60 | 32.3 | 0 | 35.5 | 45.1 |
| 2 | 52 | 27.2 | 3.6 | 44.3 | 41.5 |
| 3 | 48 | 31.9 | 3.4 | 47.1 | 41.1 |
| 4 | 37 | 22.3 | 0 | 32.2 | 28.6 |

6.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboraron los siguientes estadísticos: análisis de varianza, prueba de separación de medias de Tukey así como estadísticas básicas.

En los datos de regresión para establecer una relación cuantitativa de cada una de las enfermedades en función de altura, no hubo una relación significativa entre cada una de estas variables. Solo en la enfermedad “cenicilla” en función de la cobertura resultó significativa. “cenicilla” en función de severidad.

La regresión entre severidad contra altura, para “cenicilla” no hubo relación significativa, en “costra gris”

El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó para separar los efectos de la enfermedad por sitio, pero el grado de daño fue diferente en cada sitio.

Esta prueba de separación de medias múltiples se utilizó por el tamaño de los datos y fueron arreglados por enfermedad para saber si se presentaban diferencias entre sitios y entre niveles de la planta. También por la posibilidad de tener un análisis más confiable de la enfermedad con mayor importancia tanto por los daños causados en los individuos, como por su mayor distribución en las poblaciones de *M. geometrizzans* en Zapotitlán Salinas.

Los resultados del estadístico al ser poco significativos, indican que la presión de selección de las enfermedades es dañina para la población de *M. geometrizzans* porque individuos jóvenes, adultos y viejos presentan daños considerables debido a la remoción de individuo del tamaño efectivo (individuo que puede reproducirse) para adaptación.

VII.- CONCLUSIONES

En la comunidad natural de Zapotitlán Salinas se encontró a numerosos individuos de *Myrtillocactus geometrizans* con diversas clases de daños, que fueron descritos como “cenicilla”, “costra gris”, “colapso” y “ojo de pescado”, destacando por la mayor severidad de daños e incidencia las enfermedades “ojo de pescado” y la “costra gris”, y con la menor severidad de daños el “colapso” y “cenicilla”. Sin embargo, el “colapso” aunque con una baja incidencia, cuando se presenta causa daños severos y destructivos en el garambullo, destruyendo partes completas o a la totalidad de la planta en pocos días después que se presenta. Por el tipo de daño observado y la distribución que presenta es probable que en esta enfermedad estén asociados algunos vectores y otros patógenos, además de la bacteria *E. cacticida*, entre los que se puede mencionar a levaduras y nemátodos saprófitos.

La “cenicilla” se relacionó como causada por el hongo *Cacumisporium* sp. (Deuteromycete), que probablemente se relacione con secreciones azucaradas, naturales o inducidas, de la planta y que su presencia cause alguna reducción de la fotosíntesis por la superficie que cubre con su micelio y sus esporas.

La “costra gris” fue la segunda enfermedad en importancia en garambullo y se determinó que probablemente es causada por una especie desconocida del hongo *Didymosphaeria* (Ascomycete). No existen antecedentes que señalen a este género como patógeno del garambullo, por lo que es altamente probable que se identifique a una nueva especie como agente causal de una enfermedad en esta planta.

El agente causal de la enfermedad “ojo de pescado” se asoció con el hongo *Mycosphaerella* (Ascomycete). Tampoco se tienen antecedentes de la posible relación de alguna especie de este género en garambullo, que por sus características morfológicas y de acuerdo a la información disponible, se propone el nombre de *myrticola* para designar como una nueva especie a este aislamiento mexicano.

VIII.- PROPUESTAS

Una evaluación de severidad e incidencia más precisa para determinar las enfermedades, con un método cuantitativo permitirá en el futuro establecer si las condiciones de altura, cobertura, nivel o estrato de planta, determinan la infección de patógenos y desarrollo de las enfermedades en individuos enfermos.

La confirmación de los postulados de Koch para estos posibles patógenos.

Hacer muestreos mas frecuentes para obtener un estudio dinámico temporal y espacial, donde se analicen los estados fenológicos de los patógenos.

Registro de la capacidad fotosintética de la planta y de la biomasa al cabo de un año.

IX.- BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. 1998. *Fitopatología*. 2ª.ed. UTHEA Noriega Editores, México. pp
- Ainsworth, G.C., Sparroww, K.F., y Sussman, S.A. 1973. *The Fungi. An advanced treatise*. Vol. IV B.A Taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower fungi.
- Allyn, A.C. 1975. *Disease of tropical and subtropical fruits and nuts*. Ed. Hafner Press, New York.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1972. *Illustrate genera of Imperfect Fungi*. 3ª.ed. Burgess Publishing Company. , pp. 241.
- Barrera, C.C. 2001. Descripción y Regionalización Fisiográfica del Valle de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura FES-Iztacala. UNAM .Los Reyes Iztacala México pp. 12-14.
- Bashan, Y, Toledo, G, González, L, y Holguin, G. 2000. La caída de los gigantes. Un análisis del decaimiento del cardón (*Pachycereus pringlei*) en Baja California Sur. Ciencia y Desarrollo. 150:31-37.
- Bradshaw, L. J. 1976. *Microbiología de laboratorio*. Ed. El Manual Moderno, S.A., pp. 1-221.
- Burdon, J.J. 1987. *Diseases and plant population biology*. Cambridge University Press. London. pp 1-177.
- Casas, A., A., Valiente-Banuet 2001 Los Recursos Vegetales de Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Biodiversitas México. 6(35)12-14.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Viveros, J.L., Caballero, J., Cortés, L., Dávila, P., Lira, R. y Rodríguez., I. 2001. Plant resources of. The Tehuacan Valley, México. Economic Botany 55(1) 129-166.

-
- Coronado, H.M. y Vega, L.S., 1990. Conservación y Consumo de Recursos Silvestres Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). Ciencias Biológicas y de La Salud. UAM-Xochimilco. México. pp. 2-34.
- Dávila, A.P., Villaseñor, R.J.L., Medina, L.R., Ramírez, R.A., Salinas, T.A. , Sánchez, K.J., y Tenorio, L.P. 1993. Listado Florístico de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Departamento de Botánica. Instituto de Biología. UNAM. México pp 195.
- Da Silva Romeiro, R. 1982. *Identificación de bacterias Fitopatógenas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. Parasitología Agrícola.
- De la Isla, Ma. 1984. *Fitopatología*. Colegio de Posgraduados. pp 9-61.
- De la Torre, A.R. 1992. Incidencia, distribución y evaluación de daños causados por enfermedades en durazno en el valle de Puebla. Revista Mexicana de Fitopatología. 10:139-152.
- Dickinson, K.H. y Lucas, J.A. 1987. *Patología vegetal y patógenos de plantas*, Ed. Limusa, México. pp 312.
- Echandi, E. 1971. *Manual de Laboratorio para Fitopatología General*. Ed. Herrero Hermanos, México.
- Flores, M.A., 1991.Importancia Ecológica y Económica de Escontria *Escontria chiotlla* (Wber) Rose en la porción este de los Valles Centrales de Oaxaca. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 30(1)16-23.
- Guzmán, G. 1979. *Identificación de los hongos Fitopatógenos*. Departamento de enseñanza e investigación en parasitología agrícola. UACH. México, pp. 105,112-115, 121-122.

-
- Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F. pp. 315.
 - Halin, T.R. 1998. *Illustrated Genera of Ascomycetes*. Vol. I The American Phytopathological Society. USA. pp 148 y 168.
 - Hernández, M. H. y Godínez, A. H. 1994. Contribución al Conocimiento de las Cactáceas Mexicanas Amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33-52.
 - <http://www.inegi.gog.mx>
 - Horsfall, C.J. y Cowling, B.E. 1978. *Plant Disease: Vol. II*. Ed. Academic Press, New York.
 - James, C. 1971. *A manual of Assessment Keys for Plant Diseases*. The American Phytopathological Society. pp.77.
 - Király, Z., Klement, Z., Solymosy, F., y Voros, J. 1974. *Methods in plant pathology*. Ed. Elsevier Scientific Publishing Company. pp 347.
 - López, A.G. 1981. *Manejo de hongos fitopatógenos*. Departamento de enseñanza e investigación en parasitología agrícola. UACH. México. pp.135.
 - Lot, A. y Chiang, F.1986. *Manual de herbario*. Departamento de Botánica. Instituto de Biología. UNAM. México. pp. 103-111.
 - Martínez, D.C. 2002. Hongos asociados a enfermedades de las plantas silvestres dominantes en la región de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. Los Reyes Iztacala México. pp. 67.
 - Mercado, B.A. y Granados, S.D. 1999. *La Pitaya* (Tribu Pachycereae) Biología, Ecología, Fisiología sistemática. Etnobotánica. Universidad Autónoma de Chapingo. México, pp. 13-193.

-
- Neri, G.D.M.C. 2000 Caracterización Hidrológica de la Subcuenca Baja del Río de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura FES-Iztacala. UNAM. Los Reyes Iztacala México. pp. 84.
 - Oliveros, G.O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales en las terrazas fluviales del Río El Salado en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. México. Tesis de Licenciatura .FES Iztacala. UNAM. Los Reyes Iztacala México. pp.67.
 - Paredes, F. M. 2001. Contribución al Estudio Etnobotánico de la flora útil de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura, FES Iztacala. UNAM. Los Reyes Iztacala. México. pp. 109.
 - Pfeiffer, C.M., J.E. Wheeler, D.A. Bach, y R.L. Gilbertson. 1989 Pl. Dis. 73:81 <http://nt.ars-grin.gov/fung.../>
 - Rebollar, A. A., Romero, P.J., Cruz, H.P., y Zepeda, C.H. 1997. *El cultivo de la pitaya (Stenocereus spp)*, una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán. UACH. Centro Regional Universitario Centro Occidente. pp. 7-66.
 - Rodríguez, G. L., y Apezteguia, C. R. 1985. *Cactus y otras suculentas en Cuba*. ed: Científico-Técnica, Ciudad de la Habana. pp. 75-80.
 - Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. pp. 432.
 - Schaad, N.W. 1980. *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. Ed. American Phythology Society, Minnesota. pp. 164.
 - Streets, B.R. 1979. *The diagnosis of plant diseases*. Ed. The University of Arizona Press. pp. 18.
 - Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14(81):17-30.

-
- Ulloa, M y Hanlin, R.T. 2000. *Illustrated Dictionary of Mycology*. The American Phytopathological Society St.Paul, Minenesota, pp.18-423.
 - Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara-Egúren, P. Dávila, N. Flores-Hernández, J.L. Villaseñor, J. Ortega-Ramírez y J.A. Soriano. 2001. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67:25-74.
 - Versión 6.3 de SAS para Windows 2001.
 - Zadoks, J.C. y Schein. D.R. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Ed. Oxford University Press, New York. pp. 427.