

Informe final* del Proyecto BK041
Inventario de las especies de hongos microscópicos en el Valle de Zapotitlán, estado de Puebla

Responsable: Dr. Rodolfo De La Torre Almaráz
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
División de Investigación y Posgrado
Unidad de Biotecnología y Prototipos
Dirección: Av de los Barrios s/n, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Mex, 54090 , México
Correo electrónico: drodolfo@servidor.unam.mx
Teléfono/Fax: Tel: 5623 1139 Fax: 5623 1225
Fecha de inicio: Abril 30, 2004
Fecha de término: Noviembre 25, 2010
Principales resultados: Base de datos, Informe final y fotografías.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** De la Torre Almaráz, R. 2007. Inventario de las especies de hongos microscópicos en el Valle de Zapotitlán, estado de Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BK041.** México D. F.

Resumen:

La región del Valle de Zapotitlán de las Salinas, que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, presenta diferentes condiciones orográficas, microclimáticas y edáficas que han condicionado que la región presente una gran variedad de poblaciones y comunidades vegetales, lo que da por resultado una gran riqueza biológica única en el Mundo.

Sin embargo, la región sufre diferentes niveles de deterioro ambiental, inducido por diversos factores bióticos y abióticos, que son una amenaza para la supervivencia de las especies nativas, al grado que numerosas especies son reconocidas como amenazadas o en franco peligro de extinción.

Datos preliminares obtenidos en la región han permitido determinar que existe una gran riqueza de especies de microorganismos, pero aún se desconoce si su diversidad es igual o superior a la evaluada y registrada para plantas y animales. También se ignora si el deterioro ambiental los afecta en algún grado y el papel ecológico que tienen en la región.

Los resultados del inventario únicamente de organismos fitopatógenos, indicaron que el grupo más numeroso de especies fueron los hongos. Los hongos son fundamentales en la estructura, función, desarrollo y evolución del ecosistema, y se ha determinado que son los primeros en ser afectados por los impactos que sufre este último, en consecuencia se les considera como los indicadores más adecuados para detectar el nivel de deterioro ambiental que sufre una zona, en una relación directa de a mayor deterioro menor diversidad biológica de especies de hongos.

Un análisis visual y microscópico preliminar en varios sustratos en diferentes subregiones en el Valle de Zapotitlán, mostró la presencia de numerosas especies de hongos, algunas saprófitas, otras en asociación o parásitas y otras de vida libre, que no han sido inventariadas e identificadas, pero que por sus características indican una gran diversidad de especies, cuya importancia ecológica debe ser evaluada a mediano plazo. La presente propuesta forma parte de los proyectos particulares del Laboratorio de Microbiología y del proyecto general de la UBIPRO de la FES-Iztacala, que tiene como objetivos, la evaluación de la diversidad biológica, la caracterización de los factores que inducen el deterioro ambiental y la generación de alternativas de conservación o restauración ambiental, por tanto este proyecto tiene como objetivos : Realizar un inventario integral de los hongos microscópicos en la región del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Pue. y utilizarlos como indicadores de deterioro ambiental, considerando el número de especies o taxones identificados. Así mismo, se pretende correlacionar estos datos con información de tipo climático para determinar su distribución en la región, lo cual podría ser utilizado en otros trabajos para establecer algunos modelos de conservación y/o restauración ambiental en la zona.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INVENTARIO DE LAS ESPECIES DE HONGOS MICROSCÓPICOS EN EL VALLE DE ZAPOTITLAN, ESTADO DE PUEBLA

RESUMEN

Se reporta el hallazgo y descripción de 108 géneros distintos de hongos, y encontrados en diferentes tipos de sustratos y en diferentes sitios dentro del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Pue. La mayoría de los hongos descritos se ubicaron taxonómicamente en el Phylum Ascomycetes y otro numero importante dentro del grupo de Deuteromycetes (hongos imperfectos). Se encontraron tres géneros pertenecientes al Phylum Basidiomycetes y dos géneros fueron ubicados dentro del grupo Myxomycetes, anteriormente reconocidos como hongos. El sustrato en donde se encontró el mayor número de géneros fue la hojarasca en prácticamente todos los sitios en donde se recolecto este material. Fueron también numerosos los géneros de hongos encontrados en ramas y hojas, principalmente en tronco, ramas, hojas y frutos, así como en su hojarasca, del mezquite (*Prosopis laevigata* L.). En suelo significativamente predominó *Aspergillus*, que por el aspecto, color, forma de crecimiento de las distintas colonias aisladas, probablemente correspondan a especies diferentes. Se encontraron algunos hongos específicos en excrementos de animales domesticos y en una especie de un roedor silvestre. No fue posible obtener hongos en algunos sustratos específicos como agua o frutos, dada su escasez en los periodos de muestreo o por la contaminación por bacterias. Se observaron algunos hongos que no se pudieron identificar por no encontrarse en las claves taxonómicas disponibles. Tampoco fue posible identificar a las especies de hongos por no encontrarse monografías para cada género. Sin embargo, fue significativo que para algunos géneros se encontraron al parecer varias especies, que morfológicamente eran distintas entre si y que también se quedaron sin identificar.

El inventario de hongos encontrados en diversos sustratos en el Valle de Zapotitlan mostró una gran riqueza de géneros, y aunque no se pudo evaluar la diversidad es probable que esta resulte alta. No se pudieron establecer diversas correlaciones entre diversidad de especies de hongos y grado de deterioro ambiental, ya que la identificación de hongos requirió mucho tiempo debido al gran números de ejemplares reconocidos.

Palabras clave: Inventario, Hongos, Flora xerófita, Tehuacan

INTRODUCCION

La región del Valle de Zapotitlán de las Salinas, que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, presenta diferentes condiciones orográficas, microclimáticas y edáficas que han condicionado que la región presente una gran variedad de poblaciones y comunidades vegetales, lo que da por resultado una gran riqueza biológica única en el Mundo. Sin embargo, la región sufre diferentes niveles de deterioro ambiental, inducido por diversos factores bióticos y abióticos, principalmente inducidos por actividades humanas, que son una amenaza para la supervivencia de las especies nativas, al grado que numerosas especies son reconocidas como amenazadas o en franco peligro de extinción.

En recorridos de campo realizados en el año de 1998 en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, se detectaron algunos signos de deterioro ambiental parecen atribuirse a ciertos daños observados en múltiples especies de la flora silvestres de esta región diversos niveles de daños en diversas especies de la flora silvestres de esta región, que incluyen pudriciones blandas, manchas de diverso tipo, canchros, engrosamiento de corteza, clorosis, etc. los cuales se atribuyeron a los causados por alguna clase de microorganismos patógenos.

Datos recabados para la zona permiten suponer que la riqueza de microorganismos es alta, de los cuales se desconoce su diversidad, o si esta es igual o superior a la evaluada y registrada para plantas y animales. También se ignora si el deterioro ambiental los afecta en algún grado y el papel ecológico que tienen en la región. Su inventario podría indicar el estado de conservación del ecosistema.

Los resultados de un inventario únicamente de organismos fitopatogenos, realizado durante el periodo de 2001-2003, indicaron que el grupo más numeroso de especies

patógenas fueron los hongos. Se encontró asociado en el 95% de los daños observados alguna especie de hongo. Las especies identificadas fueron descritas considerando las estructuras somáticas y algunas de las fases sexuales o asexuales, esporas, etc. indicaron que los hongos parece ser uno de los grupos mas diversos, lo que confirma la importancia ecológica de la región como un centro de megadiversidad biológica y justifica ampliamente el determinar y cuantificar la diversidad de los hongos como parte del ecosistema.

Un análisis visual y microscópico preliminar en varios sustratos en diferentes subregiones en el Valle de Zapotitlán, mostró la presencia de numerosas especies de hongos, algunas saprófitas, otras en asociación o parásitas y otras de vida libre, que no han sido inventariadas e identificadas, pero que por sus características indican una gran diversidad de especies, cuya importancia ecológica debe ser evaluada a mediano plazo.

Por otro lado, los hongos son, junto con los insectos, el grupo más diverso del planeta, por lo que es probable que en el Valle de Zapotitlán su biodiversidad sea también muy alta, a pesar de ser una zona semiárida. Los resultados del inventario de los hongos microscópicos de esta zona permitirían compararla con la diversidad ya evaluada y conocida de diferentes regiones tropicales húmedas y semitempladas (Milgroom y Peever, 2003).

Considerando que los hongos son fundamentales en la estructura, función, desarrollo y evolución del ecosistema y se ha determinado que son los primeros en ser afectados por los impactos que sufre este último, en consecuencia se les considera como los indicadores más adecuados para detectar el nivel de deterioro ambiental que sufre una zona, en una relación directa de a mayor deterioro menor diversidad biológica de especies de hongos. Estos datos indicaron que los hongos parecen ser uno de los grupos más diversos, lo que confirma la importancia ecológica de la región como un centro de megadiversidad biológica y justifica

ampliamente el determinar y cuantificar la diversidad de los hongos como parte del ecosistema.

Por tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar un inventario general de los hongos microscópicos en la región del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Pue. Los resultados de este inventario podrán utilizarse en un futuro para diseñar métodos de evaluación de diversidad de especies, así como utilizar este y otros parámetros asociados como indicadores de deterioro ambiental, en el que podrían tomarse en cuenta el número de especies o taxones identificados, correlacionándolos con información climática y geográfica para determinar su distribución en la región.

El proyecto fue dividido en varias etapas para cumplir con los objetivos propuestos las cuales fueron: Etapa I (**Elaboración** del inventario de las especies de hongos microscópicos) y la etapa II (**Determinar** la diversidad y riqueza de especies de hongos microscópicos, en los principales sustratos y asociaciones naturales en el ecosistema semiárido en el Valle de Zapotitlán, Pue.) y la etapa III (**Correlacionar** la diversidad de los hongos microscópicos en la región y utilizarlos como indicadores de deterioro ambiental, considerando un sistema de información climática y geográfica), y la Etapa IV que incluirá la **entrega** de la Base de **Datos Biotica** y en el **Informe final escrito a la CONABIO**.

MATERIALES Y METODOS

Selección del área de estudio

La zona del Valle de Zapotitlán pertenece a la Reserva de la Biosfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlan, en el estado de Puebla, cuyas referencias geográficas son: 18°15´N, 97°25´W (Figura 1) (CONABIO, 1998).

La provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán es considerada como parte de la región xerofítica mexicana y esta localizada al sureste del estado de Puebla y al noreste del estado de Oaxaca. El valle cubre una área de casi 10, 000 km² y representa un complejo mosaico fisiográfico, separado por numerosas cadenas montañosas. Es considerada una región semiárida, con una precipitación anual de 400 mm y una temperatura de 21° C (Rzedowski, J., 1978).

Las comunidades vegetales en el Valle están estructuradas por el bosque tropical caducifolio, bosque espinoso de mezquite y *Cercidium*, bosque de encino (*Quercus*), pastizales y matorral xerófilo. La cubierta xerofítica es especialmente importante debida a su diversidad y endemismo, regionalmente presenta formas típicas de asociación, como cardonales, (*Stenocereus weberii*), tetecheras (*Neobuxbaumia tetetzo*), quitillales (*Escondria chiotilla*), izotales (*Yucca periculosa*), chaparrales (*Quercus*, *Rhus*, *Garrya*, *Cercocarpus*, etc.) (Arias, 1997; Dávila, et al., 1993).

Recolecta de muestras

Se seleccionaron y marcaron 34 sitios de recolecta de muestras, que se ubicaron de acuerdo a su ubicación por el tipo de vegetación dominante a la vista y por sus diferencias en el tipo de suelo, grado de uso de suelo y degradación ambiental. En cada sitio se seleccionaron 4 subsitios alrededor del sitio principal, al azar y a unos 10 mts de distancia del sitio principal. Todos los sitios, cinco por sitio, se señalaron con varas de madera y alrededor de cada sitio (2 mts²) fueron recolectadas muestras de los sustratos disponibles (suelo, hojarasca, tronco, ramas, hojas, etc.). Las muestras se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron con el nombre del sitio, subsitio y el dato de georeferencia correspondiente.

Aislamiento e identificación de hongos

Las muestras recolectadas fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología de la UBIPRO, en donde se revisaron bajo el microscopio estereoscópico y seleccionando muestras para herborizar, para aislamiento directo de hongos por cortes al microscopio estereoscópico y para cultivo en medios artificiales.

Aislamiento de hongos del suelo por Dilución y siembra en medio PDA + TS

Se mezclaron 0.2 gramos de suelo en 1000 mL de agua destilada estéril (dilución 1:5000). Se agregó 1.0 mL de la suspensión de suelo en una caja de Petri estéril y se agregaron inmediatamente 15 mL de medio PDA + TS (Tergitol:Sulfato de estreptomicina: Clorhidrato de tetraciclina), mezclando la solución con una varilla de vidrio. Las placas se mantuvieron a temperatura y luz de laboratorio por 10 días. Los hongos que crecieron en este medio fueron reaislado en nuevo medio de cultivo para su identificación.

Aislamiento de hongos por cámara Húmeda

Para el incremento y aislamiento de los hongos presentes en los diferentes sustratos se colocaron fragmentos de cada muestra en Cámaras húmedas, construidas con Cajas de Petri estériles y papel filtro humedecido con agua destilada estéril. Las cajas se incubaron a temperatura y luz de laboratorio (18°C) y se revisaron cada 24 horas. Los hongos que crecieron en esas condiciones se separaron y transfirieron a medios de cultivo artificial (PDA, Extracto de Malta Agar y V-8 Agar-CaCL 10%).

Aislamiento de hongos por observación *in situ*

Se observó directamente y bajo el microscopio estereoscópico los sustratos que se colectaron en campo, buscando en su superficie estructuras somáticas y sexuales de hongos, que produjeron en forma natural. Estas estructuras se separaron de los tejidos utilizando

agujas y navaja de rasurar nuevas para realizar preparaciones en porta y cubreobjetos, con agua destilada estéril para realizar mediciones de esporas o para la toma de fotografías.

Otras preparaciones se realizaron con Azul de Lactofenol para resaltar algunos detalles de estructuras hialinas, solo visibles por este método. En esta etapa se registraron las características morfológicas de utilidad para la clasificación taxonómica de cada hongo aislado en el microscopio compuesto, como tipo de cuerpo fructífero, características de las esporas (color, tamaño, etc.).

Los hongos separados y aislados de cada sustrato se identificaron utilizando claves específicas para cada grupo taxonómico (Barnett y Hunter, 1972 y 1998; Clements y Shear, 1973; Ainsworth y Sussman, 1973; Ainsworth, *et al.*, 1973; Király, *et al.*, 1974; De La Torre *et al.*, 1975; Bradshaw, 1976; Müller y Loeffler, 1976; Guzmán, 1979; Webster, 1980; Romero, 1993; Hanlin, 1997; Hanlin 1998 a y b; Ulloa y Hanlin, 2000).

Se tomó un registro fotográfico del sustrato en donde se aisló el hongo, y de este se registró en fotografías en papel o digital, las estructuras somáticas y sexuales completas, que son utilizadas para su clasificación taxonómica (cuerpos fructíferos, esporas, etc.).

Las preparaciones semi-permanentes en porta y cubreobjetos se clasificaron, ordenaron y depositaron en el Laboratorio de Microbiología de la UBIPRO.

Las muestras o sustratos con todos los hongos identificados, se herborizaron y se les asignó un registro, para su posterior depósito en los herbarios de la depositarlas en los herbarios de la FES-Iztacala (FESI), Instituto de Biología de la UNAM (MEXU) y J. H. Miller de la Universidad de Georgia (GAM), anexando la información necesaria, y complementado con el número de acceso en el informe final y en la base de datos BIOTICA.

Se separaron y etiquetaron muestras de hongos de nuevo registro o que aparentemente no se han reportado antes en México, los cuales fueron asignados preliminarmente, como HOLOTIPOS E ISOTIPOS (De La Torre *et al.*; 1975; Lot, 1986).

Distribución por sustrato y sitio geográfico de especies de hongos microscópicos

Se determinó únicamente la distribución de los géneros de hongos identificados por sitio, subsitio y tipo de sustrato. Debido a la gran cantidad de sustratos manejados, número de muestras recolectadas y analizadas, no fue posible realizar análisis estadísticos de correlación con los parámetros de Sitios, No de especies de hongos, Sustrato, Grado de deterioro y Estratificación climática y geográfica, determinación de la correlación entre diversidad de hongos y el grado de deterioro ambiental.

Registro y almacenamiento de información

La información recopilada, géneros identificados por sustrato y distribución por sitio y subsitio, así como fotografías de estructuras de los hongos identificados fueron incluidos en la base de datos de la CONABIO, utilizando el programa BIOTICA Versión 4.1 de la CONABIO (www.conabio.gob.mx) y se anexan en el presente informe.

RESULTADOS Y DISCUSION

Recolecta de muestras y número total de registros

Aunque originalmente se seleccionaron 34 sitios con sus correspondientes subsitios en ocasiones se tuvo que recolectar material fuera de los lugares marcados, ya que estos contenían algún tipo de sustrato con una clara evidencia de estar colonizada por algún hongo.

En total se tomaron muestras de 59 sitios o subsitios, 15 mas de los originalmente planeados, que correspondieron al mismo número de coordenadas y que registradas en la base de datos. Por el número de sitios, subsitios y repeticiones de estos últimos, se tuvieron

203 localidades en total en donde se encontró e identificó claramente algún género de hongos.

Los sustratos en donde regularmente se aislaron o separaron hongos fueron: tallos, hojas, ramas, hojarasca y excrementos. Con los sustratos suelo, agua, exubias, etc. se tuvo una gran dificultad para aislar hongos ya que crecieron primordialmente bacterias, aun en medios de cultivo específicos, que dificultó el cultivo puro de los mismos y en consecuencia su identificación.

Se obtuvo un total de 4855 registros, procedentes de 59 sitios y sub sitios y se ubicaron 203 localidades, en donde se registró e identificó algún género de hongo y que se anexan al presente reporte (Anexo 1. Archivo Excell).

Aislamiento e identificación de hongos

Identificación y caracterización de hongos

Se identificaron un total de 108 géneros distintos de hongos en los diferentes sustratos recolectados, en los sitios y sub sitios marcados y que se incluyen en el archivo que se anexa en el presente reporte (Anexo 2. Lista de géneros de hongos por sitio y sub sitio).

El mayor número de especies de géneros de hongos identificados se aislaron del sustrato de hojarasca y de ramas.

Los mejores métodos para aislar o separar hongos fue la cámara húmeda y El método de aislamiento o separación de hongos fue colocar los sustratos colectados en cámara húmeda y después observar el desarrollo y maduración de cuerpos fructíferos con sus esporas características, las que se utilizaron para realizar la identificación mediante comparación con las claves taxonómicas disponibles. Otro método muy práctico para aislar e identificar hongos fue la observación y colecta directa de estructuras fungosas en los sustratos recolectados, condiciones *in situ*, las cuales se formaron en condiciones naturales y que se

mantuvieron sin alteración alguna en el material que se herborizó inmediatamente y que se almacenó en sobres de papel sin humedad a temperatura de laboratorio (20°C).

El mayor número de géneros de hongos identificados pertenecen al grupo de hongos imperfectos o Deuteromycetes, seguido de los Ascomycetes y en menor cantidad los Basidiomycetes (Anexo 3. 108 Carpetas de Descripción morfológica de hongos).

Las carpetas anexas incluyen la descripción morfológica y taxonómica de los géneros de hongos aislados y separados del material colectado y se incluyen fotografías a color de sus estructuras somáticas o sexuales.

Se encontró para varios géneros de hongos, ejemplares morfológicamente distintos, lo que parece indicar la presencia de varias especies, las que tendrán que identificarse en el futuro.

No se pudo identificar a nivel de especie taxonómica a los hongos aislados o separados de sus correspondientes sustratos, principalmente por la carencia de monografías taxonómicas para cada género que incluyeran la descripción de especies y comparar con los ejemplares recolectados en campo.

Se tienen muestras y submuestras, en sobres etiquetados, clasificadas y almacenados en el Laboratorio de Microbiología, de todos los sustratos recolectados y en donde se encuentran los ejemplares de hongos incluidos en este reporte. Los ejemplares están siendo preparados para su depósito en el herbario de la FESIZTACALA.

Distribución por sustrato y sitio geográfico de especies de hongos microscópicos

Se determinó únicamente la distribución de los géneros de hongos identificados por sitio, subsitio y tipo de sustrato. Debido a la gran cantidad de sustratos manejados, número de muestras recolectadas y analizadas no fue posible realizar análisis estadísticos de correlación con los parámetros de Sitios, No de especies de hongos, Sustrato, Grado de

deterioro y Estratificación climática y geográfica, ni la determinación de la correlación entre diversidad de hongos y el grado de deterioro ambiental.

Registro y almacenamiento de información

La información recopilada, géneros identificados por sustrato y distribución por sitio y subsitio, así como fotografías de estructuras de los hongos identificados fueron incluidos en la base de datos de la CONABIO, utilizando el programa BIOTICA Versión 4.1 de la CONABIO (www.conabio.gob.mx), mismo que se anexa en el presente informe.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los datos indicaron, que en esta región semiárida de México existe una relación de 16:1 especies de hongos-mezquite (*Prosopis laevigata*), mientras en agaves (*Agave spp.*), yuca (*Yucca periculosa*) o nopales (*Opuntia pilifera*) (Datos no mostrados) y otras, la relación fue en promedio de 6:1, situación que resultó inesperada y desconocida para una región semiárida como el Valle de Zapotitlán de las Salinas, pero que confirmó que esta región no sólo contiene una gran diversidad en plantas superiores y animales, sino al parecer también es muy rica en microorganismos fitopatógenos, en este caso hongos.

Se determinó que existe una abundante riqueza de especies de hongo en diferentes sustratos dentro del Valle de Zapotitlán de las Salinas. Fue sorprendente la abundancia de géneros de hongos presentes y aislados de la hojarasca, aunque para algunas se observó una distribución general en todo el Valle de Zapotitlán, y para otras una distribución diferencial según el sustrato, por ejemplo, se aislaron algunas especies de hongos sólo de las hojas de mezquite en descomposición, pero no en otros materiales como ramas o desechos de otras plantas.

Se reconocieron a numerosas especies de Líquenes (asociación Hongo-Algas) costrosos, foliosos, arborescentes, etc., pero por su color, forma y tamaño, no es difícil reconocerlas de inmediato.

Los resultados de este proyecto confirman las observaciones sobre la riqueza de especies de hongos que se incluyeron en el proyecto CONABIO Proyecto R-013, en el que se encontró un gran número de especies de hongos asociadas a daños en plantas.

Se estima que el número mundial de especies de hongos es por lo menos de 1.5 millones, aunque posiblemente alcancen los cinco millones. Considerando que en el mundo existe un registro de 72, 000 a 100, 000 especies de hongos ya identificadas, entonces se supone que conocemos tan solo el 5%, 1 de cada 20, del total de las posibles especies de estos organismos en el planeta, lo que significa que permanecen sin identificar al menos 1.43 millones de especies de hongos (Hawksworth y Rossman, 1997). Sin embargo, otras estimaciones son mucho mayores, por ejemplo, se calcula que existen entre 1.5 y 13.5 millones de hongos no descritos que infectan tan solo a los insectos. Los cálculos sobre el número y diversidad mundial de especies de hongos, se ha extrapolado de datos obtenidos sobre la flora micótica de plantas hospedantes en las islas Británicas, región templada que fue muestreada por completo, considerando una relación de 6:1 especies de hongos por hospedante. Sin embargo, estudios realizados en plantas tropicales de Brasil, indican que el número de especies de la flora micótica podría ser de un millón, y que la relación en términos conservadores podría ser de por lo menos 10 hongos por planta (Lodge, 1997; Lodge, 2001).

Por el papel funcional que tienen en el ecosistema como organismos descomponedores de materia orgánica o como parásitos o en asociación con otros, los hongos son fundamentales en la estructura, función, desarrollo y evolución del ecosistema (Benitez *et al.*, 1999; García

et al., 1996; García y Burdon, 1997; García y Dirzo, 2001; Ye *et al.*, 2003), por lo que son los primeros en ser afectados por los impactos que sufre este último. En consecuencia se les considera como los indicadores más adecuados para detectar el nivel de deterioro ambiental que sufre una zona, en una relación directa en la cual se observa que a mayor deterioro ambiental, menor diversidad biológica de las especies de hongos (Guzmán, 1998; Gilbert, 2002).

El presente proyecto incluye un inventario general de los hongos que se encontraron en los principales sustratos y asociaciones naturales en el ecosistema semiárido en el Valle de Zapotitlan y sus resultados demostraron una gran riqueza de especies, al menos una y en ocasiones varias por cada uno de los géneros identificados e incluidos en los archivos anexos, que corresponden a la Etapa I (**Elaboración** del inventario de las especies de hongos microscópicos) y la etapa II (**Determinar** la diversidad y riqueza de especies de hongos microscópicos, en los principales sustratos y asociaciones naturales en el ecosistema semiárido en el Valle de Zapotitlán, Pue.)

La Etapa II fue cumplida parcialmente ya que no se pudo determinar exactamente la diversidad, considerando el número de individuos por especie por muestra, etc. Sin embargo, la evidencia indica que la diversidad es alta y la riqueza de especies podría ser mayor a la encontrada hasta el momento. Esto podría verificarse si se pudiera llevar a cabo un estudio sistemático y puntual por sustrato durante uno, dos o mas ciclos anuales.

Tampoco fue posible realizar la etapa III (**Correlacionar** la diversidad de los hongos microscópicos en la región y utilizarlos como indicadores de deterioro ambiental, considerando un sistema de información climática y geográfica) ya que la identificación de los hongos aislados de los sustratos recolectados requirió mucho tiempo, debido fundamentalmente por el gran número de géneros encontrados e identificados, pero para

algunos otros no fue posible hacerlo ya que parece que son desconocidos o no descritos en la literatura consultada.

La Etapa IV incluye el presente informe y la entrega de la Base de Datos Biotica de la CONABIO

REFERENCIAS CITADAS

- Ainsworth, G.C., and Sussman, S.A. 1973. The Fungi. A Taxonomic review with keys: Ascomycetes and Fungi Imperfecti.
- Ainsworth, G.C., Sparrow, K.F., and Sussman, S.A. 1973. The Fungi. An advanced treatise. Vol. IV B. A taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower fungi.
- Arias, M.S., Gama, L.S., Guzmán, C.L.U. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Cactaceae. Edit: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barnet, H.L. and Hunter, B.B. 1972. Illustrate genera of Imperfect Fungi. Third Edition. Edit: Burgess Publishing Company pp 241.
- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. cuarta edición. Burgess Publishing Company. U. S. A. 218 pp
- Benitez, M.J., G. G. García, I.D. F. Kossmann. 1999. Leaf-fungal incidence and herbivory on tree seedling in tropical rainforest fragments: an experimental study. Biological Conservation 91 : 143-150.
- Bhattacharyya, G.H. and Johnson, R.A. 1977. Statistical Concepts and Methods. Edit: John Wiley and Sons.
- Bradshaw, L.J. 1976. Microbiología de Laboratorio. Edit: El Manual Moderno, S.A. México. 146 pp
- Burdon, J.J. 1987. Diseases and plant population biology. Cambridge University Press. London. 208 pp

- Burdon, J. J., J. Silk. 1997. Sources and patterns of diversity in plant-pathogenic fungi. *Phytopathology* 87: 664-669.
- Cannon, F. P. 1997. Strategies for rapid assessment of fungal diversity. *Biodiversity and Conservation* 6: 669-680.
- Clements, E.F. and L.C. Shear. 1973. The genera of fungi. Hafner Publishing Company, New York. 496 pp
- Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Cummins, B.G. 1978. Rust fungi. Edit: University of Arizona Press. 424 pp.
- 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. Edit: Departamento de Botánica. Instituto de Biología. UNAM.
- Dávila, A.P., Medina, L.R., Ramírez, R.A., Salinas, T.A., y Tenorio, L.P. 1995. Análisis de la flora de Tehuacán-Cuicatlán. Endemismo y diversidad pp 33-42 En: Conservación de plantas en peligro de extinción: Diferentes enfoques. Edit: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología.
- De La Torre, G.G., Juárez, J.C. y Figueroa, H.H. 1975. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Edit: Limusa, México.
- De La Torre, A.R. 2003. Inventario Fitopatológico de las especies vegetales dominantes en la región de Zapotitlán de las Salinas, Pue. Informe Técnico. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/>
- Domsch, K.H. and Gams, W. 1972. Fungi in agricultural soils. Edit: Longman.

- García, G. G., J.J. Burdon and A. O. Nicholls. 1996. Effects of the systemic flower infecting-smut *Ustilago bullata* on the growth and competitive of the grass *Bromus catharticus*. *Journal of Ecology* 84: 657-665.
- García, G. G., J. J. Burdon. 1997. Impact of the flower smut *Ustilago cynodontis* (Ustilaginaceae) on the performance of the clonal grass *Cynodon dactylon* (Gramineae). *American Journal of Botany* 84: 1565-1571.
- García, G. G., R. Dirzo. 2001. Patterns of leaf-pathogen infection in the understory of a Mexican rain forest: Incidence, spatiotemporal variation, and mechanisms of infection. *American Journal of Botany* 88 (4): 634-645.
- Gilbert, S.G. 2002. Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems. *Annual Reviews Phytopathology* 40: 13-43.
- Guzmán, G. 1979. Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes. Limusa. México. 452 pp.
- Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 7: 369-384.
- Hanlin, T.R. 1997. Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol: I. The American Phytopathological Society. USA 263 pp
- Hanlin, T.R. 1998. Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol: II. The American Phytopathological Society. USA. 258 pp
- Hanlin, T. R. 1998. Combined keys to illustrated genera of ascomycetes. Vol I & Vol II. . The American Phytopathological Society. USA. 113 pp
- Hawksworth, D. L. and A.Y. Rossman. 1997. Where are all the undescribed fungi ?. *Phytopathology* 87: 888-891.

[Http://www.umu.se/myconet/curr/outline.00.html](http://www.umu.se/myconet/curr/outline.00.html)

Király, Z., Klement, Z., Solymosy, F., and Vörös, J. 1974. Methods in plant pathology.

Edit: Elsevier Scientific Publishing Company. 347 pp

Lodge, D.J. 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests.

Biodiversity and Conservations 6: 681-688.

Lodge, D. J. 2001. Diversidad mundial y regional de hongos. Ppp 291-304. En: Enfoques contemporaneos para el estudio de la biodiversidad. Hernández, M.H. et al., Editores.

Ediciones Científicas Universitarias-Fondo de Cultura Económica.

Lot. A. y Chiang, F. 1986. Manual de herbario. Departamento de Botánica.

Instituto de Biología. UNAM. México. 103-111pags.

Milgroom, G.M. and Peever, L.T. 2003. Population Biology of Plant Pathogens.

Plant Dis. 87: 608-617.

Müller, E. and Loeffler, W. 1976. Micología. Edit: Omega, Barcelona.

Romero, C. S. 1993. Hongos fitopatógenos. UACH. México. 345 pp

Rzendowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 pp

Ulloa, M. y Halin, T.R. 2000. Illustrated Dictionary of Mycology. The American

Phytopathological Society. U. S. A.158 pp

Webster, J. 1980. Introduction to Fungi. Edit: Cambridge University Press.

Ye, T.Z., Yang, R. C., and Yeh, F.C. 2003. Coevolution in natural pathosystems : Effects of

dominance on host-pathogen interactions. Phytopathology 93: 633-639.