



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

**Detección de géneros fúngicos con potencial  
patógeno oportunista en la atmosfera de la Zona  
Metropolitana del Valle de Toluca**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

**Alberto De Luna Narváez**  
2123027656

ASESORES

Dra. Judith Castellanos Moguel  
Laboratorio de Micología, UAM-X  
Dr. Raúl Venancio Díaz Godoy  
Departamento de Aceleradores, ININ

Ciudad de México.

enero del 2020

Contenido	
Introducción.....	2
Objetivos .....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos .....	3
Revisión de la literatura .....	3
Importancia de los filtros PM2.5 y los bioaerosoles .....	7
Diseño de investigación.....	8
Área de estudio.....	8
Materiales y métodos .....	8
Colecta y aislamiento.....	8
Identificación de géneros fúngicos.....	9
Actividad enzimática .....	9
Análisis estadístico .....	10
Resultados Y Discusión.....	10
Conclusiones.....	18
Referencias .....	19

## Introducción

El Estado de México cuenta con más de 15 millones de habitantes según lo registrado en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía ( INEGI (2010). La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (MZVT) es, como la toda metrópoli, un mosaico de personas, y de organismos que conviven por eventos azarosos, entre esta convivencia existe un intercambio de microorganismos, ya sea por contacto o por dispersión aérea, entre los microorganismos dispersados por el aire existen gran cantidad hongos microscópicos (De La Rosa *et al.*, 2002).

Se han realizado otras investigaciones por parte de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (UAM-X), en la ZMVT en las que se han reportado géneros fúngicos como *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Bipolaris*, así como altos niveles de contaminación y otros factores que ayudan a la propagación de estos y para entrar al organismo humano e infectarlo (Galindo Martínez, 2011; Rivera Pérez, 2012).

Las actividades humanas en estas zonas crean un medio para la fácil dispersión de los microorganismos, a esto se le suma el hecho de que algunas personas llegan ahí de otros lugares trayendo consigo de manera pasiva diferentes tipos de organismos de los lugares donde habitan, esto no es único de los humanos la migración de las aves y la venta de mascotas exóticas también ayuda a la propagación de estos, lo que puede generar problemas de salud pública, la pronta identificación de los patógenos potenciales puede ayudar a mermar los daños que estos microhongos pueden ocasionar.

Dado lo anterior la importancia de estudiar estos hongos es conocer si poseen el aparato enzimático que les permitan entrar al cuerpo humano, por eso se realizaron pruebas de proteólisis. Mediante la identificación de los géneros se planea generar información que permita mejorar el diagnostico de enfermedades relacionadas con hongos en la ZMVT, para lo cual se reviso la literatura para enumerar las posibles enfermedades que provocan los hongos que se encuentran en el aire y en contacto continuo con la población.

## Objetivos

### Objetivo general

- Identificar hongos en el aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con potencial patógeno para los humanos.

### Objetivos específicos

- Determinar la capacidad proteolítica de los potenciales patógenos oportunistas
- Enumerar las diferentes enfermedades fúngicas transmitidas por el aire que pueden ser causadas por los hongos de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

## Revisión de la literatura

En la atmosfera pueden existir miles de microorganismos entre los cuales se encuentran los géneros *Aspergillus*, *Alternaría*, *Penicillum* y *Fusarium* entre otros (Calvo Torras *et al.*, 1976; De La Rosa *et al.*, 2002; Rosas *et al.*, 2010; Méndez-Trovar, 2011; Moctezuma Zárate *et al.*, 2015), siendo estos los más comunes, en la tabla 1 se puede observar a los géneros encontrados en el aire en zonas urbanizadas como la Ciudad de México y algunas bibliotecas en esta misma ciudad y en España.

La importancia de estos patógenos oportunistas radica en que al paciente tiene un sistema inmune debilitado, como en casos de leucemia en el que se ha registrado un caso de micosis por *Coniothyrium fuckelii* (Kiehn *et al.*, 1987), otra infección que crea una oportunidad es el VIH, cual debilita el sistema inmunitario, en pacientes se han registrado casos de candidiasis, criptococosis e histoplasmosis (González y Tobón, 2006), por otro lado, en pacientes con diabetes mellitus se tiene conocimiento de un caso de geotricosis pulmonar (Hernández-Hernández *et al.*, 2003), otros factores favorables para los patógenos oportunistas son: cáncer, transplantes, uso indiscriminado de antibióticos, drogadicción e instalación de catéteres (Ascioglu *et al.*, 2002; Hernández-Hernández *et al.*, 2003).

Tabla 1 Géneros reportados en el aire y algunas de las enfermedades que provocan. elaborada a partir de la revisión de la literatura.

Clase	Genero	Enfermedad	Patógeno oportunista	Alérgeno	Referencia
Agariomycetes	<i>Serpula</i>	Hipersensibilidad			(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002)
Ascomycetes	<i>Candida</i>		Si	Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Ascomycetes	<i>Chaetomium</i>	Onicomycosis		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Kim <i>et al.</i> , 2013; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Ascomycetes	<i>Chrysosporium</i>				(Anstead <i>et al.</i> , 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Ascomycetes	<i>Claviceps</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Negård <i>et al.</i> , 2015)
Ascomycetes	<i>Eurotium</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Baudisch <i>et al.</i> , 2009)
Ascomycetes	<i>Paecilomyces</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015; Nguyen <i>et al.</i> , 2016)
oomycetes	<i>Erysiphe</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Qiu <i>et al.</i> , 2015)
Basidiomycetes	<i>Poria</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Basidiomycetes	<i>Puccinia</i>	Hipersensibilidad			(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002)
Coelomycetes	<i>Ascochyta</i>				Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Urdaneta y Delgado, 2007
Coelomycetes	<i>Astermella</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Chaetophoma</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Coniothyrium</i>		Si		(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Coelomycetes	<i>Dothiorella</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Peyronellaea</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Phoma</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Phyllosticta</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Coelomycetes	<i>Pestalotia</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Dikaryomycota	<i>Coccidioides</i> *	Micosis sistémica	Si		(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002)
Dothideomycetes	<i>Alternaria</i>	Hipersensibilidad		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Dothideomycetes	<i>Cladosporium</i>	Hipersensibilidad		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Dothideomycetes	<i>Helminthosporium</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Bonifaz Trujillo, 2012)
Dothideomycetes	<i>Pithomyces</i>				(Zhang <i>et al.</i> , 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)

Tabla 1.- Géneros reportados en el aire y algunas de las enfermedades que provocan. Elaborada a partir de la revisión de la literatura. Cont.

Clase	Genero	Enfermedad	Patógeno oportunista	Alérgeno	Referencia
Dothideomycetes	<i>Ulocladium</i>			Si	(Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Dothideomycetes	<i>Aureobasidium</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Dothideomycetes	<i>Sclerotium</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Dothideomycetes	<i>Stemphylium</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Euascmycetes	<i>Acremonium</i>	Onicomycosis, ulcera de córnea, micetoma de organos blancos, peritonitis y osteomielitis.	Si	Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Albrecht <i>et al.</i> , 2007; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Euascmycetes	<i>Blastomyces</i> *	Micosis sistémica	Si		(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Bonifaz Trujillo, 2012)
Euascmycetes	<i>Curvularia</i>				(Urdaneta y Delgado, 2007; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Euascmycetes	<i>Epidermophyton</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Bonifaz Trujillo, 2012)
Euascmycetes	<i>Fusarium</i>	Micotoxicosis, onicomycosis	Si	Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Albrecht <i>et al.</i> , 2007; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Euascmycetes	<i>Saccharomyces</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
Euascmycetes	<i>Scopulariopsis</i>	Onicomycosis	Si		(Albrecht <i>et al.</i> , 2007; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012)
Euascmycetes	<i>Trichophyton</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Bonifaz Trujillo, 2012)
Eurotiomycetes	<i>Aspergillus</i>	Micosis sistémica, hipersensibilidad, micotoxicosis, enfermedades pulmonares, onicomycosis.	Si	Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Albrecht <i>et al.</i> , 2007; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Eurotiomycetes	<i>Histoplasma</i> *	Micosis sistémica	Si		(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Bonifaz Trujillo, 2012)
Eurotiomycetes	<i>Penicillium</i>	Hipersensibilidad		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Rosas <i>et al.</i> , 2010; Bonifaz Trujillo, 2012; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Himenomycetes	<i>Cryptococcus</i> *	Micosis sistémica	Si		(De La Rosa <i>et al.</i> , 2002)
Hyphomycetes	<i>Botrytis</i>	Hipersensibilidad		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Hyphomycetes	<i>Chalara</i>				(Rosas <i>et al.</i> , 2010)
Hyphomycetes	<i>Coniosporum</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Hyde <i>et al.</i> , 2002)

Tabla 1.- Géneros reportados en el aire y algunas de las enfermedades que provocan. Elaborada a partir de la revisión de la literatura. Cont.

Clase	Genero	Enfermedad	Patógeno oportunista	Alérgeno	Referencia
Hyphomycetes	<i>Drechslera</i>				(Urdaneta y Delgado, 2007; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Hyphomycetes	<i>Epicoccum</i>				(Rosas et al., 2010; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Hyphomycetes	<i>Geotrichum</i>			Si	(Rosas et al., 2010; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Hyphomycetes	<i>Gliocladium</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Urdaneta y Delgado, 2007)
Hyphomycetes	<i>Gonotrichum</i>				(Rosas et al., 2010)
Hyphomycetes	<i>Humicola</i>				(Calvo Torras et al., 1976; Burns et al., 2015)
Hyphomycetes	<i>Monilia</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Rosas et al., 2010; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Hyphomycetes	<i>Nigrospora</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Urdaneta y Delgado, 2007)
Hyphomycetes	<i>Phynchosporium</i>				(Rosas et al., 2010)
Hyphomycetes	<i>Pyricularia</i>				(Rosas et al., 2010)
Hyphomycetes	<i>Trichoderma</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Rosas et al., 2010)
Hyphomycetes	<i>Verticillium</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Rosas et al., 2010)
Hyphomycetes	<i>Rhinocladiella</i>				(Calvo Torras et al., 1976)
Hyphomycetes	<i>Sporotrichum</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976)
Leotiomycetes	<i>Microsphaera</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976)
Leotiomycetes	<i>Scytalidium</i>	Onicomicosis			(Calvo Torras et al., 1976; Albrecht et al., 2007)
Microbotryomycetes	<i>Sporobolomyces</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976)
Pneumocystidomycetes	<i>Pneumocystis</i> *	Nuemonias			(De La Rosa et al., 2002)
Sacchrrromycetes	<i>Torula</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Sordariomycetes	<i>Arthrinium</i>	Micotoxicosis			(Calvo Torras et al., 1976; Carod-Artal, 2003)
Sordariomycetes	<i>Idriella</i>				(Calvo Torras et al., 1976; Hernández-Restrepo et al., 2016)
Sordariomycetes	<i>Stachybotrys</i>	Micotoxicosis			(De La Rosa et al., 2002)
Sordariomycetes	<i>Trichothecium</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Moctezuma Zárate et al., 2015)
Sordariomycetes	<i>Xylaria</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976)
Urediniomycetes	<i>Rhodotorula</i>			Si	(Calvo Torras et al., 1976; Bonifaz Trujillo, 2012)

Tabla 1.- Géneros reportados en el aire y algunas de las enfermedades que provocan. Elaborada a partir de la revisión de la literatura. Cont.

Clase	Genero	Enfermedad	Patógeno oportunista	Alérgeno	Referencia
Zygomycetes	<i>Absidia</i>	Mucormicosis	Si	Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Méndez-Trovar, 2011)
Zygomycetes	<i>Circinella</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De Azevedo Santiago y De Souza Motta, 2008)
Zygomycetes	<i>Cunninghamella</i>	Mucormicosis			(Méndez-Trovar, 2011)
Zygomycetes	<i>Mucor</i>	Hipersensibilidad, Mucormicosis		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002; Méndez-Trovar, 2011; Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
Zygomycetes	<i>Rhizopus</i>	Mucormicosis			(Rosas <i>et al.</i> , 2010; Méndez-Trovar, 2011)
Zygomycetes	<i>Syncephalastrum</i>	Mucormicosis		Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; Méndez-Trovar, 2011)
	<i>Chaetophoma</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
	<i>Dicoccum</i>				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
	<i>Fomes</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
	Levaduras sin identificar				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
	<i>Malassezia</i>			Si	(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976; De La Rosa <i>et al.</i> , 2002)
	Micelio esteril				(Moctezuma Zárate <i>et al.</i> , 2015)
	Micelio esteril dematiaceo				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)
	Micelio esteril hialino				(Calvo Torras <i>et al.</i> , 1976)

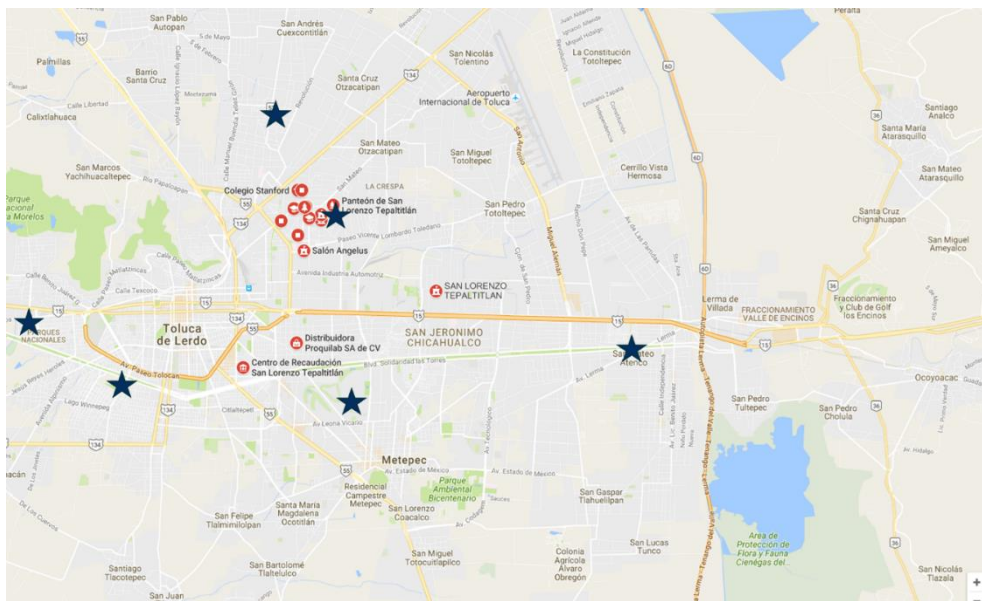
## Importancia de los filtros PM2.5 y los bioaerosoles

El en aire se encuentran suspendidas partículas las cuales llegan a ser respiradas por los humanos y otros animales, la mayoría de estas partículas quedan atrapadas en la nariz, los vellos y la mucosa se encargan de atrapar la mayoría de estas partículas (PM<sub>10</sub>) pero las partículas más pequeñas (PM<sub>2.5</sub>) logran pasar estas defensas y llegar los pulmones, específicamente a los alveolos y de ahí pasar al torrente circulatorio ( translocación), y de ahí llegar a otros órganos, incluido el sistema nervioso central, con posibilidad de causar daño a la salud del individuo y de la población (Quijano y Orozco, 2005; Lacey y West, 2002)

## Diseño de investigación

### Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, como se puede observar en la Figura 1, se contó con 6 sitios de muestreos ubicados entre los municipios que componen a la ZMVT, la cual cuenta con clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 14.7 °C, con temperaturas bajas en enero y febrero (3 °C), la temperatura máxima se registra en abril y mayo (25 °C), con lluvias en verano. En el Estado de México se practica la agricultura principalmente de maíz, chícharo, cebada, frijol, papa, alfalfa, trigo, aguacate, guayaba, etc (INEGI, 2014).



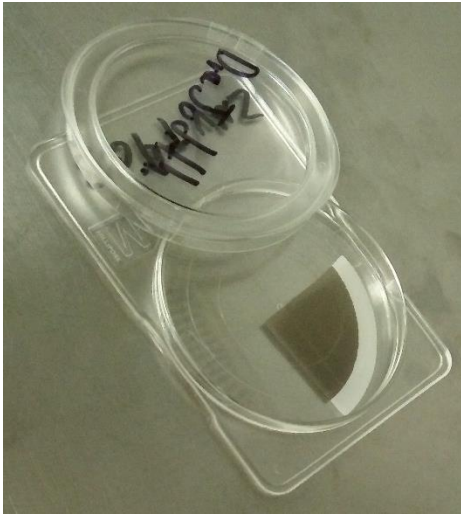
*Ilustración 1 Mapa en el que se muestra la ubicación de los sitios de muestreo, en los que se tomaron las muestras.*

## Materiales y métodos

### Colecta y aislamiento

Se realizó una colecta por filtración con un sistema TCR-Tecora en cual se colocaron filtros de teflón para PM<sub>2.5</sub> (ilustración 2) los cuales filtraron el aire por un periodo de 24 horas cada 15 días, posteriormente fueron llevados al laboratorio como material biológico y tratados con tween al 0.5%, se colocaron en vortex durante 5 minutos, se procedió a centrifugar y quitar el excedente de agua, se realizaron siembras por triplicado en agar rosa de Bengala con antibiótico, se

dejaron incubar a 28 °C por 1 a 3 días para que los hongos se desarrollaran y poder identificarlos con tinción de azul de algodón.



*Ilustración 2, filtro de teflon entregado por ININ, previo al lavado con tween*

#### Identificación de géneros fúngicos

Las colonias fueron identificadas al microscopio: se tomó la muestra con cinta adhesiva, se colocó una gota de azul de algodón en un portaobjeto y sobre la gota se puso la muestra con la cinta, se identificó el microhongo con claves taxonómicas (Barnett y Hunter, 1987) para géneros fúngicos, y se creó un registro en Excel para determinar los géneros más abundantes y a aquellos que tengan un potencial patógeno para los humanos.

#### Actividad enzimática

Se determinó la capacidad proteolítica de los géneros identificados y que se reporten como patógenos oportunista, en un medio de agar-leche descremada, .002 g/L de leche descremada en agua, por otro lado se preparó 0.117 g/L de agar en medio nutritivo, se esterilizaran por separado y se dejaron enfriar a 60 °C, y se procederá a mezclar la leche descremada y el medio nutritivo, por último, se distribuirá en cajas de Petri de plástico esterilizadas. Por último, se midieron los halos enzimáticos con una regla durante tres días cada 24 horas. Dado que este medio tiene caseína, la cual es una proteína de la leche y tiene la mayoría de los aminoácidos, cualquier proteasa puede aprovecharlos para su crecimiento, y de esta forma se pueden observar los halos de proteólisis.

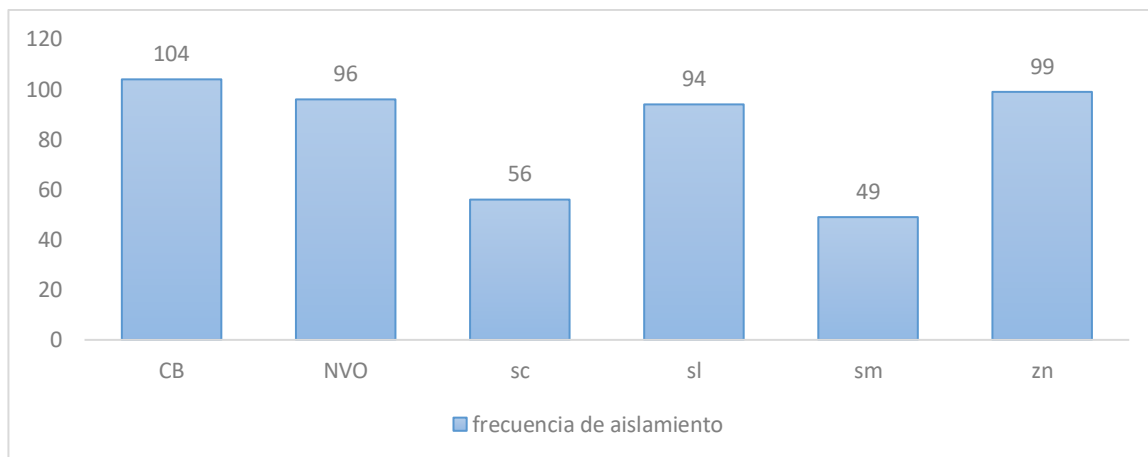
### Análisis estadístico

Se realizó una prueba de Tukey para determinar las similitudes entre la capacidad proteolítica de las colonias seleccionadas como patógenos oportunistas, también se realizaron análisis estadísticos para determinar la diversidad alfa de hongos, esto para comprobar la veracidad de los datos obtenidos en este estudio, se realizó un índice de Margalef, Berger- Parker, Shannon, y la varianza de Shannon. Se clasificó la abundancia de los hongos de acuerdo con el índice de Yadav y Madelin (Mangiaterra, Alonso, & Medina, 1993), que compara entre si el numero de hongos en un sitio determinado.

### Resultados Y Discusión

En la campaña de muestreo realizado entre noviembre de 2016 a abril de 2018 se aislaron 498 colonias de micro hongos de los cuales se identificaron 40 géneros y 16 colonias con micelio estéril , también fueron encontradas 147 levaduras, durante el periodo de incubación y aislamiento se registraron 48 filtros sin crecimiento, lo que da un total de 144 cajas sin registros, durante este mismo periodo se encontraron ácaros en 44 cajas, la frecuencia de aislamiento de géneros por sitios de muestreo fue clasificada según Yadav y Madelin (Mangiaterra, Alonso, & Medina, 1993). Además, se encontró en una muestra de Nueva Oxtotitlán un organismo de la especie *Trichurius tricuria*, un parasito nematodo, en el área cercana a este sitio de muestreo se encuentran árboles, en los cuales pasan ardillas, además de que al estar ubicado este sitio en una escuela, también hay perros que resguardan el lugar, puede ser que de alguno estos mamíferos llego el organismo parasito al filtro.

Se aislaron hongos de 245 cajas que presentaron crecimiento de un total de 389 cajas sembradas. Los sitios de muestreo con mayor frecuencia de aislamiento fueron Ceboruco con 104, Zinacantepec con 99 hongos filamentosos aislados, seguidos por Nueva Oxtotitlán y San lorenzo, con 96 y 94 aislamientos respectivamente (gráfica 1).



Gráfica 1 Frecuencia de aislamiento por sitio de muestreo

Para analizar los géneros aislados se utilizó la clasificación de Yadav y Madelin (Mangiaterra, Alonso, & Medina, 1993) la cual muestra la frecuencia con la que fueron aislado los géneros fúngicos. De los micro hongos aislados los géneros que fueron identificados en todos los sitios fueron *Penicillium* spp., *Acremonium* spp., *Aspergillus* spp., *Graphium* spp., *Cunningamella* spp., *Fusarium* spp., *cladosporium* spp., *Scopulariopsis* spp. y *Monascus* spp. de los cuales *Penicillium* spp fue el más común en todos los sitios (Tabla 2).

Los géneros identificados como patógenos potenciales *Acremonium* spp., *Aspergillus* spp., *Graphium* spp., *Cunningamella* spp., *Fusarium* spp., *Scopulariopsis* spp. y *Monascus* spp, fueron identificados en la mayoría de los sitios, otros géneros como *Eurotium* spp. fue identificado sólo en 3 sitios: Ceboruco, San Lorenzo y Zinacantec. *Mucor* spp. fue aislado sólo en Nueva Oxtotitlán y San Mateo. *Trichoderma* sp. sólo fue aislado en Ceboruco. Y *Geomyces* sp. se aisló en San Lorenzo (Tabla 2).

Tabla 2 clasificación de frecuencia de aislamiento según Yadav y Madelin (xxxx)

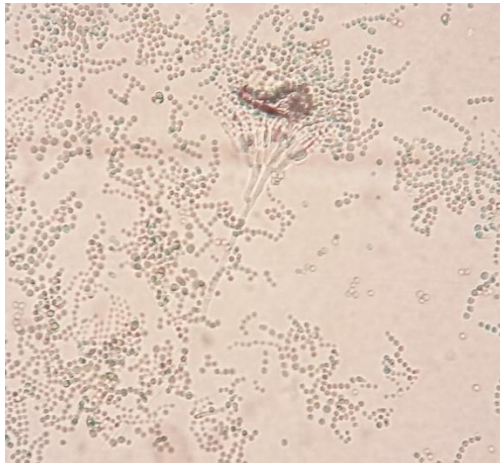
Clasificación de Yadav y Madelin		
Color	Categoría	Frecuencia de aislamiento
	Muy común	80 - 100%
	Común	61 - 80%
	Frecuente	41 - 60%
	Ocasional	21 - 40%
	Raro	0.1 - 20%
	No encontrado	

Tabla 3. hongos aislados del aire de la ZMVT y su frecuencia de aislamiento

Genero	Ceboruco		Nueva Oxtotitlan		San Cristobal		San lorenzo		San Mateo		Zinacantepec		Total general	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Penicillium</b>	38	64.4	32	45.1	27	46.6	27	40.9	21	44.7	30	56.6	175	49.4
<b>Levadura</b>	22	37.3	18	25.4	33	56.9	33	50.0	20	42.6	21	39.6	147	41.5
<b>Acremonium*</b>	7	11.9	7	9.9	6	10.3	6	9.1	4	8.5	5	9.4	35	9.9
<b>Aspergillus*</b>	5	8.5	10	14.1	2	3.4	8	12.1	2	4.3	4	7.5	31	8.8
<b>Graphium*</b>	4	6.8	8	11.3	3	5.2	8	12.1	3	6.4	4	7.5	30	8.5
<b>Cuningamella*</b>	3	5.1	7	9.9	6	10.3	3	4.5	4	8.5	5	9.4	28	7.9
<b>Fusarium*</b>	4	6.8	2	2.8	5	8.6	4	6.1	4	8.5	9	17.0	28	7.9
<b>Cladosporium</b>	8	13.6	3	4.2	1	1.7	6	9.1	1	2.1	4	7.5	23	6.5
<b>Scopulariopsis*</b>	3	5.1	1	1.4	3	5.2	4	6.1	5	10.6	7	13.2	23	6.5
<b>Monascus</b>	6	10.2	2	2.8	2	3.4	4	6.1	1	2.1	2	3.8	17	4.8
<b>Micelio esteril</b>	2	3.4	2	2.8	0		6	9.1	0		6	11.3	16	4.5
<b>Aureobasidium</b>	5	8.5	2	2.8	0		1	1.5	1	2.1	3	5.7	12	3.4
<b>Mucor*</b>	0		8	11.3	0		0		2	4.3	0		10	2.8
<b>Chaetemium</b>	0		3	4.2	1	1.7	4	6.1	0		1	1.9	9	2.5
<b>Alternaria</b>	2	3.4	2	2.8	0		3	4.5	0		0		7	2.0
<b>Eurotium*</b>	2	3.4	0		0		2	3.0	0		2	3.8	6	1.7
<b>Paecilomyces</b>	4	6.8	0		0		1	1.5	0		1	1.9	6	1.7
<b>Basipeptospora</b>	0		2	2.8	0		1	1.5	0		2	3.8	5	1.4
<b>Picnidios</b>	2	3.4	1	1.4	0		0		0		1	1.9	4	1.1
<b>Dinemasporium</b>	1	1.7	0		0		1	1.5	0		1	1.9	3	0.8
<b>Geotrichum</b>	0		0		0		1	1.5	0		2	3.8	3	0.8
<b>Trichocladium</b>	0		0		0		2	3.0	0		1	1.9	3	0.8
<b>Ulocladium</b>	1	1.7	1	1.4	0		1	1.5	0		0		3	0.8

Tabla 3. hongos aislados del aire de la ZMVT y su frecuencia de aislamiento. (parte 2)

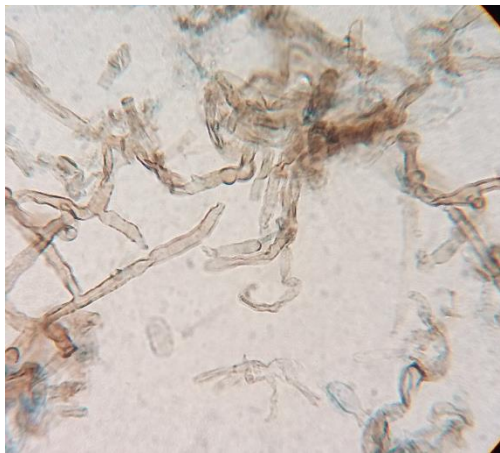
Genero	Ceboruco		Nueva Oxtotitlan		San Cristobal		San lorenzo		San Mateo		Zinacantepec		Total general	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Geomyces	0		0		0		1	1.5	0		0		2	0.6
Humicola	0		0		0		0		0		2	3.8	2	0.6
Torula	2	3.4	0		0		0		0		0		2	0.6
bacteria	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
Codinaea	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Cryphonectria	0		1	1.4	0		0		0		0		1	0.3
Geomyces	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
Moniliella	0		0		0		0		1	2.1	0		1	0.3
Monilla	0		1	1.4	0		0		0		0		1	0.3
Moninella	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Olpitrichum	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Ovulariopsis	0		1	1.4	0		0		0		0		1	0.3
Papulaspora	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Papuloespora	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
Plenodomus	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
Pythium	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Rhizoctonia	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Rhnhosporium	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
Sepedonium	0		0		0		0		0		1	1.9	1	0.3
Trichoderma*	1	1.7	0		0		0		0		0		1	0.3
<b>Total de aislados por sitio</b>	<b>89</b>		<b>82</b>		<b>62</b>		<b>100</b>		<b>48</b>		<b>90</b>		<b>472</b>	



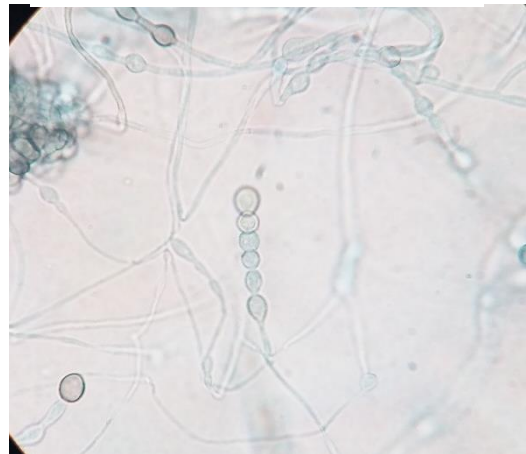
*Ilustración 4 Penicillium sp.*



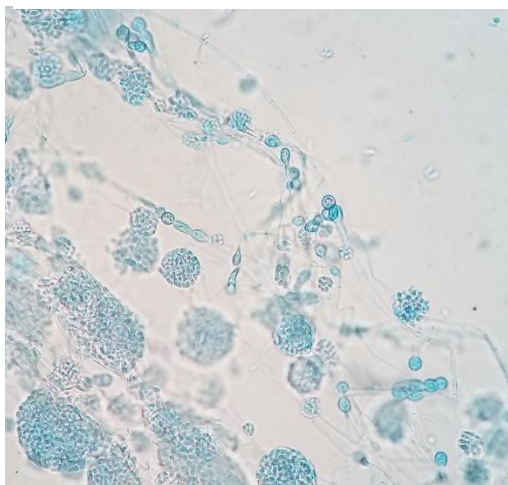
*Ilustración 3 Chaetomium sp.*



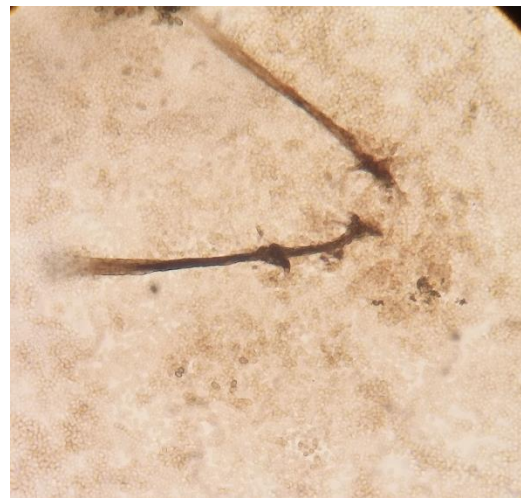
*Ilustración 6 Codineae sp*



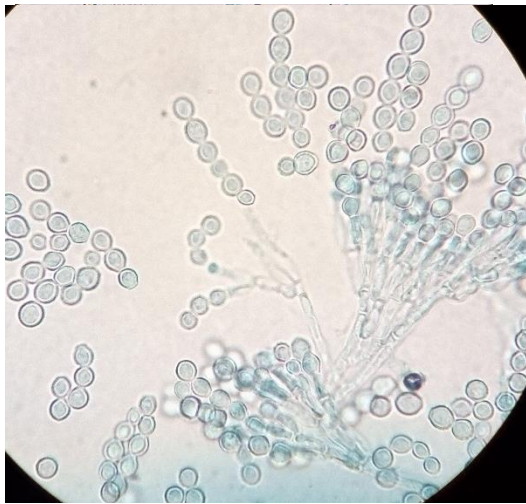
*Ilustración 5 Basipeptospora sp.*



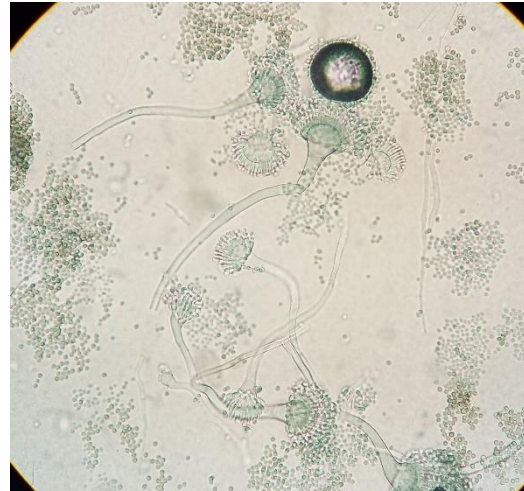
*Ilustración 8 Monascus sp.*



*Ilustración 7 Graphium sp.*



*Ilustración 10 Scopulariopsis sp.*



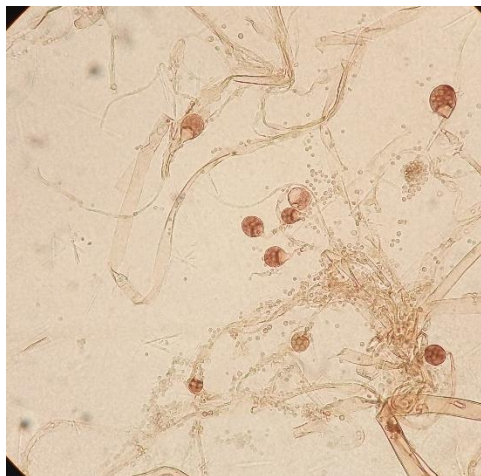
*Ilustración 9 Aspergillus sp.*



*Ilustración 12 Aspergillus fumigatus (posiblemente)*



*Ilustración 11 Cladosporium sp.*



*Ilustración 13 Mucor sp.*

El índice de Margalef (tabla 3) realizado a la ZMVT indica que la diversidad en la zona es alta, pues para este índice se considera que menor a 2 es una zona con baja diversidad y superior a 5 es una zona con gran diversidad. En el índice de Berger-Parker, se puede observar que al estar muy cerca de 0 se puede inferir que la dominancia es baja y la diversidad es alta. Y el inverso de Berger-Parker es superior a 2 por lo que la diversidad es media. Para el análisis estadístico de Shannon-Weaver, la  $H'$  es muy cercana a la  $H'_{max}$  y la  $E$  es cercana a 1, se puede decir que matemáticamente la diversidad de los géneros fúngicos en la ZMVT se encuentra de manera regular, y la varianza de  $H'$ , al ser menor al .005, indica que el error en esta prueba es mínimo.

Tabla 4 Análisis estadísticos para la diversidad de géneros fúngicos de la ZMVT.

$s=$	40	$H' =$	2.599
$N=$	498	Var $H' =$	0.004
$Dmg=$	6.280	Var $H'_{+} =$	2.602
$N_{max} =$	175	Var $H'_{-} =$	2.595
$d=$	0.351	$E=$	0.704
Recip $d=$	2.846	$H'_{max}$	3.689

En las pruebas realizadas a los hongos identificados como patógenos potenciales se encontró actividad enzimática en todas las muestras, los hongos examinados fueron, presentaron un halo proteico a las 24 hrs después de la siembra, lo cual implica que estos hongos tienen el potencial de invadir el cuerpo humano si las condiciones del ambiente y el estatus inmunitario del humano lo permiten, estos halos eran transparentes, sin pigmentación y su aspecto no cambió con el tiempo, tampoco fueron opacos al principio de las mediciones. La prueba de Tukey dio valores superiores a 0.05 para todos los hongos lo que sugiere que todos los hongos tienen capacidad patogénica pero en el modelo estudiado no pudo establecerse que género tenía mayor o menor producción de enzimas, los halos transparentes indican que estos hongos tienen el potencial de invadir al humano pero no podemos determinar en que tan severa sea la infección. Esto puede ser por que son hongos encontrados en el ambiente, dado que de haber sido encontrados en pacientes los

valores serian otros dado que en el momento de aislarlos de individuos los mecanismos de patogenicidad se encuentran en su maxima expresion.

Tabla 5 listado de géneros identificados como patógenos potenciales y utilizados para la pruebas de potencial proteolítico.

<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Geomyces</i> sp.	<i>Fusarium verticiloides</i>
<i>Cunningamella</i> sp	<i>Fusarium</i> sp	<i>Fusarium roseum</i>
<i>Acremonium</i> sp	<i>Scapulariopsis</i> sp	<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Eurotium</i> sp	<i>Mucor</i> sp	<i>Trichoderma</i> sp
<i>Graphium</i> sp	<i>Scapulariopsis</i> sp	



Ilustración 15 primera medida del halo proteico sin marcar



Ilustración 14 segunda medición del halo proteico, solo se observa la primera medición y el crecimiento de la colonia junto con el crecimiento del halo.



Ilustración 16 segunda medición (48 hrs) de *aspergillus* y sus réplicas las cuales presentan halo proteico al tamaño de la caja.

## Conclusiones

Se aislaron hongos del aire de la ZMVT con potencial alergeno y patógeno, entre los cuales se encuentran *Aspergillus* sp., *Geomyces* sp., *Fusarium verticilloides*, *Cunningamella* sp., *Acremonium* spp., *Penicillium* spp. por mencionar algunos. Se compararon con un listado de géneros fúngicos encontrados en el aire de diferentes ciudades y se mencionan como causantes de diversos padecimientos.

En la ZMVT la diversidad alfa de hongos se encuentra uniformemente distribuida y con una riqueza de especies alta dado que se encontraron 40 géneros fúngicos, siendo *Penicillium* spp. el más abundante, y el sitio de Ceboruco en el que se encontraron la mayor cantidad de colonias fúngicas.

Se encontraron 498 colonias fúngicas en la ZMVT, de estas colonias 18 fueron identificadas como patógenos potenciales, con el potencial de invadir el cuerpo humano. Las pruebas utilizadas no permiten determinar el potencial patógeno de estos géneros fúngicos.

## Referencias

- Albrecht, M., L. Fraenza y G. Ramonda, 2007. Onicomicosis por *Acremonium kiliense*. *Revista argentina de dermatología* 88(1):40-44.
- Anstead, G. M., D. A. Sutton y J. R. Graybill, 2012. *Adiaspiromycosis* Causing Respiratory Failure and a Review of Human Infections Due to *Emmonsia* and *Chrysosporium* spp. *Journal of Clinical Microbiology* 50(4):1346-1354 doi:10.1128/JCM.00226-11.
- Ascioglu, S., J. Rex, B. De Pauw, J. Bennett, J. Bille, F. Crokaert, D. Denning, J. Donnelly, J. Edwards y Z. Erjavec, 2002. Defining opportunistic invasive fungal infections in immunocompromised patients with cancer and hematopoietic stem cell transplants: an international consensus. *Clinical Infectious Diseases* 34(1):7-14.
- Barnett, H. L. y B. B. Hunter, 1987. *Illustrated genera of imperfect fung*, 4a edn. MacMillan Publishing Company.
- Baudisch, C., O. Assadian y A. Kramer, 2009. Concentration of the genera *Aspergillus*, *Eurotium* and *Penicillium* in 63- $\mu$ m house dust fraction as a method to predict hidden moisture damage in homes. *BMC Public Health* 9:247-247 doi:10.1186/1471-2458-9-247.
- Bonifaz Trujillo, J. A., 2012. *Micología médica básica* (4a. ed.). McGraw Hill Mexico.
- Burns, N., I. Arthur, M. Leung, S. Ketharanathan, M. Sandoval-Denis, J. Gené, J. Guarro y A. Chakera, 2015. *Humicola* sp. as a Cause of Peritoneal Dialysis-Associated Peritonitis. *Journal of Clinical Microbiology* 53(9):3081-3085 doi:10.1128/JCM.01253-15.
- Calvo Torras, M. d. I. A., J. Guarro Artigas y G. Suarez Fernandez, LOS HONGOS COMO AGENTES ETIOLOGICOS DE ALERGIAS Y ENFERMEDADES PULMONARES: SU INCIDENCIA EN BARCELONA. In: *Anales de medicina y cirugía*, 1976. vol 56. p 329-340.
- Carod-Artal, F., 2003. Síndromes neurológicos asociados con el consumo de plantas y hongos con componente tóxico (II). Hongos y plantas alucinógenos, micotoxinas y hierbas medicinales. *Rev Neurol* 36(10):951-60.
- De Azevedo Santiago, A. L. C. M. y C. M. De Souza Motta, 2008. Isolation of Mucorales from processed maize (*Zea mays* L.) and screening for protease activity. *Brazilian Journal of Microbiology* 39(4):698-700 doi:10.1590/S1517-838220080004000019.
- De La Rosa, M. d. C., M. d. I. A. Mosso y C. Ullán, 2002. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio medioambiental* 5:375-402.
- Galindo Martínez, A., 2011. Identificación de propágulos fúngicos en zonas urbanas Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco.
- González, Á. y Á. M. Tobón, 2006. Infecciones micóticas oportunistas en pacientes con VIH/SIDA. *Infectio* 10:279-287.
- Hernández-Hernández, F., E. Córdova-Martínez, P. Manzano-Gayosso, R. López-Alvarez, E. Bazán-Mora y R. López-Martínez, 2003. Frecuencia de micosis en pacientes inmunosuprimidos de un hospital regional de la Ciudad de México. *Salud Pública de México* 45:455-460.
- Hernández-Restrepo, M., J. Z. Groenewald y P. W. Crous, 2016. Taxonomic and phylogenetic re-evaluation of *Microdochium*, *Monographella* and *Idriella*. *Persoonia : Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 36:57-82 doi:10.3767/003158516X688676.
- Hyde, K., D. Zhou y T. Dalisay, 2002. *Bambusicolous fungi: a review*. *Fungal Diversity*.
- INEGI, 2010. Áreas geográficas. In. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=15> Accessed 27/02 2017.
- INEGI, 2014. Clima, estado de México. In. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/clima.aspx?tema=me&e=15> Accessed 10 mayo 2016.

- Kiehn, T. E., B. Polsky, E. Punithalingam, F. F. Edwards, A. E. Brown y D. Armstrong, 1987. Liver infection caused by *Coniothyrium fuckelii* in a patient with acute myelogenous leukemia. *Journal of Clinical Microbiology* 25(12):2410-2412.
- Kim, D. M., M. H. Lee, M. K. Suh, G. Y. Ha, H. Kim y J. S. Choi, 2013. Onychomycosis Caused by *Chaetomium globosum*. *Annals of Dermatology* 25(2):232-236 doi:10.5021/ad.2013.25.2.232.
- Lacey, M. E., & West, J. S. (2007). *The air spora: a manual for catching and identifying airborne biological particles*. Springer Science & Business Media.
- Mangiaterra, M., Alonso, J., & Medina, E. &. (1993). Microflora Anemófila de la ciudad de Resistencia. *Argentina de Micología*, 16: 10-16.
- Méndez-Trovar, L. J., 2011. MUCORMICOSIS-Recursos en micología-Departamento de Microbiología y Parasitología-Universidad Nacional Autónoma de México. In. <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/mucormicosis.html> Accessed 06/03 2017.
- Moctezuma Zárate, M. d. G., E. E. Domínguez, P. Ramírez Mateos, I. Acosta Rodríguez, J. F. Cárdenas González y L. E. Fragoso Morales, 2015. Aislamiento de hongos alérgenos en una biblioteca universitaria. *Acta Universitaria* 25:32-28.
- Negård, M., S. Uhlig, H. Kausrud, T. Andersen, K. Høiland y T. Vrålstad, 2015. Links between Genetic Groups, Indole Alkaloid Profiles and Ecology within the Grass-Parasitic *Claviceps purpurea* Species Complex. *Toxins* 7(5):1431-1456 doi:10.3390/toxins7051431.
- Nguyen, T. T. T., N. C. Paul y H. B. Lee, 2016. Characterization of *Paecilomyces variotii* and *Talaromyces amestolkiae* in Korea Based on the Morphological Characteristics and Multigene Phylogenetic Analyses. *Mycobiology* 44(4):248-259 doi:10.5941/MYCO.2016.44.4.248.
- Qiu, W., A. Feechan y I. Dry, 2015. Current understanding of grapevine defense mechanisms against the biotrophic fungus (*Erysiphe necator*), the causal agent of powdery mildew disease. *Horticulture Research* 2:15020 doi:10.1038/hortres.2015.20.
- Quijano, A., & Orozco, J. (2005). Monitoreo de material particulado fracción respirable (PM2.5) en Pamplona (Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.*, 1-11.
- Rivera Pérez, Z. M., 2012. ANALISIS DE PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS (PM2.5) RELACIONADAS CON ALERGIAS DE ORIGEN FÚNGICO EN EL VALLE DE MÉXICO Y VALLE DE TOLUCA Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Rosas, I., C. Calderon, S. Gutiérrez y P. Mosiño, 2010. HONGOS EN EL AIRE AISLADOS A PARTIR DEL AGUA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 2(1):13-23.
- Rosas, I., A. Cravioto y E. Ezcurra, 2004. *Microbiología ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Urdaneta, L. y A. Delgado, 2007. Identificación de la microbiota del filoplano del cacao (Theobroma cacao L.), en el municipio Carraciolo Parra Olmedo, estado Mérida, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía* 24(1).
- Zhang, Y., P. W. Crous, C. L. Schoch y K. D. Hyde, 2012. Pleosporales. *Fungal Diversity* 53(1):1-221 doi:10.1007/s13225-011-0117-x.