

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

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

REGISTRO DEL SERVICIO SOCIAL
POR INVESTIGACIÓN

**Caracterización de suelos forestales y su relación con
hongos microscópicos en el Cerro El Faro en
Tlalmanalco, Estado de México**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Ángel Eduardo Sosa López

Matrícula
2123027414

ASESORES

Dr. Gilberto Vela Correa
Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica, UAM-X
Dr. Judith Castellanos Moguel
Laboratorio de Micología, UAM-X

Ciudad de México,

noviembre de 2019

DEDICATORIA

*A mi madre, por su inmenso cariño y confianza, por su compañía,
por haberme apoyado en el financiamiento de la presente investigación,
por sus grandes consejos, por todo su esmero,
por su dedicación hacia mi formación personal y profesional.*

A Eleazar Sosa Soto.

Y Anacleto.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Dra. M. Judith Castellanos Moguel y Dr. Gilberto Vela Correa, por aceptarme y formar parte de sus actividades, por su amabilidad, por sus enormes aportes, por su generosidad, por su confianza, por las oportunidades brindadas y predisposición hacia trabajos relacionados, por su apoyo constante durante todo el trabajo de tesis y en el financiamiento del presente trabajo.

A Arturo Enrique Miranda Calixto, Omar Reyes Hernández, Antonio Lozada Canudas, Alberto De Luna Narváez y docencia de Laboratorio de Micología, por brindar un lugar de trabajo ameno, por sus aportes y confianza en la identificación de muestras biológicas.

A Oscar Cano Flores de Laboratorio de Edafología por su amabilidad, por su predisposición y ayuda en el análisis de suelos, por su generosidad y confianza, por su amistad, por integrarme en actividades relacionadas de campo, por la formación recibida hacia la elaboración y conclusión del presente trabajo.

A Rebeca López Reyes, Álvaro Arvisú Aguiñiga, y al personal del Centro para la Sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa CENTLI, por sus aportes, por la oportunidad brindada y haberme permitido el acceso a sus instalaciones, así como el uso de ésta para el desarrollo de la presente investigación.

Y agradecer especialmente a Magdely, por hacer que estos días sean muy felices, por su paciencia, por su compañía, por su cariño, por sus consejos, por su perseverante ayuda, por estar siempre a mi lado.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	5
MARCO TEÓRICO	7
Suelos	7
Suelos forestales	9
Características físicas	10
Características químicas	11
Características biológicas	12
Ascomicetos y basidiomicetos	12
Importancia ecológica de los hongos en suelos	13
LUGAR DE ESTUDIO	14
Objetivo general	15
Objetivos particulares	15
METODOLOGÍA	16
Trabajo de gabinete 1ª fase	16
Trabajo de campo	16
Caracterización morfológica de los suelos	16
Toma de muestras de hongos microscópicos	17
Trabajo de laboratorio	17
Análisis físico y químico de los suelos	17
Análisis microbiológico	17
Trabajo de gabinete 2ª fase	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable dado que su proceso de formación es relativamente lento y no es apreciable en el tiempo de vida humano por lo que resulta difícil su recuperación. La falta de atención y regulación incide en su deterioro repercutiendo en las actividades socioeconómicas y ambientales de muchas regiones. La importancia que tiene el suelo en el secuestro de carbono, según las tasas de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), contribuye a reciclar y mantener el Nitrógeno (N), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), entre otros gases asociados al Carbono (Maser y Benjamín, 2001). El cambio de uso de suelo es también un tipo de degradación que afecta considerablemente este recurso y la disponibilidad de recursos naturales y de servicios de abastecimiento (productos obtenidos directamente de los ecosistemas) y regulación (beneficios obtenidos como resultado de su funcionamiento) (Cardoza *et al.*, 2007; Martín-López y Montes, 2014).

Procesos dinámicos como los ciclos biogeoquímicos entre los componentes de los ecosistemas y la formación de ácidos orgánicos a partir de residuos en descomposición, así como su posterior lixiviación, constituyen a los suelos forestales propiedades distintivas a otro tipo de suelos. En los suelos forestales, los hongos saprófitos son los que se encargan de la descomposición de la madera y sustancias orgánicas, en conjunto con bacterias degradadoras; a su vez los hongos ayudan a incrementar la acumulación de materia orgánica rica en ácidos húmicos, resistentes a una degradación posterior, aunque las especies saprófitas necesitan un aprovisionamiento constante de materia orgánica (Campbell, 1987; Boa, 2005; Julca-Otiniano *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2008). La función ecológica de este grupo radica en descomponer la celulosa, lignina y otros compuestos orgánicos de tal manera que aportan minerales a la vegetación y contribuyen a la riqueza mineral del suelo. El establecimiento de micorrizas y otros hongos en la rizosfera es fundamental ya que la vegetación forestal interactúa con gran variedad de bacterias, invertebrados y actinomicetos que se encargan de los procesos degradativos; además, contribuyen a que los árboles absorban agua de cuencas más amplias aportando mayor cantidad de sustancias nutritivas recogidas en el área de mayor extensión (Cruz, 1999; Fagoso *et al.*, 2001; Boa, 2005).

La importancia de estos suelos se da por su desempeño a escala ambiental debido al gran número de especies que establecen interacciones, relaciones tróficas y descomposición de materia orgánica, dichos procesos concluyen la parte del ciclo de nutrientes. Sus efectos positivos marcan las condiciones necesarias para la producción alimentaria a largo plazo (Salas, 1987; FAO, 2015).

La creación de Áreas Naturales Protegidas o reservas son porciones de territorio de una región y preservan los ambientes representativos de diferentes regiones biogeográficas. Estas reservas aseguran la conservación, continuidad y equilibrio de los procesos ecológicos y evolutivos, y fomentan el uso sustentable de la biodiversidad de la cual dependemos y formamos parte (Ceballos *et al.*, 2009). En el Estado de México se cuentan con 10 parques estatales y 74 Áreas Naturales Protegidas (ANP) que representan el 43.5% de su superficie. Los suelos forestales de Tlalmanalco de Velázquez representan 63 ha con cubierta forestal mixta (bosque mixto) que se distribuyen en el gradiente de las regiones Neoártica y Neotropical, el área forma parte del Eje Neovolcánico Transversal lo que configura un extenso abanico de microclimas y contribuye a la numerosa diversidad biológica endémica. (Ceballos *et al.*, 2009; Audemar, 2011; Navarro-Sigüenza, 2011; Ramírez-Albores, 2011; INAFED, 2016). En este municipio existe un ANP utilizada para realizar investigación científica referente a proyectos de conservación, protección, prevención y remediación, entre otros. A su vez forma parte del Programa de Investigación Sierra Nevada, que fomenta el manejo sustentable de los recursos naturales (Gobierno del Estado de México, 2017). Los bosques representan un factor potencial para el desarrollo socioeconómico de las áreas rurales del estado si son sometidos a un manejo técnico para que sus beneficios puedan ser continuos y crecientes. Por su parte Pearce y Turner (1990) y Novoa (2011), establecieron un marco de valoración económica en torno a la multifuncionalidad de los bosques, que se basa en la distinción entre el valor de uso y no uso, en donde el primero alude a los términos de uso directo (madera, hábitat), indirecto (funciones ecológicas) y opción (posibles usos a futuro, biodiversidad), por otra parte, el valor de no uso hace referencia a los términos de legado y existencia, donde éste último genera una connotación estética y cultural. En estas áreas existen núcleos agrarios marginados, poco organizados y con mínimas alternativas productivas, debido a la falta de

actividades productivas y políticas que impulsen su desarrollo en áreas forestales junto con el crecimiento demográfico, el cambio de uso de suelo, los incendios descontrolados, las plagas y enfermedades y el pastoreo son hoy día las principales causas de la degradación de suelos forestales (Ceballos *et al.*, 2009).

MARCO TEÓRICO

Suelos

El suelo, como sostén de un gran número de organismos ofrece nutrimentos para su desarrollo y perpetuación, del mismo modo participa en los ciclos biogeoquímicos entre otros procesos biológicos que se llevan a cabo a macro y microescala. El proceso de formación de suelo resulta de la interacción de factores físicos, químicos y biológicos sobre el material parental expuesto en la corteza terrestre; estos factores que inciden en su desarrollo se denominan factores de formación manifestándose a lo largo de procesos como adiciones, transformaciones, translocaciones o pérdidas y que dan origen a un perfil de suelo. Las adiciones de material orgánico en los suelos forestales es una de las características más representativas ya que forman una superficie que contribuye a la formación de suelo orgánico y de esta forma ejercer influencia sobre la rizosfera y el suelo mineral. La respiración metabólica llevada a cabo en el proceso de descomposición libera CO₂ por lo que la respiración de los heterótrofos favorece la descomposición de materia orgánica en conjunto con los procesos de humificación y fragmentación de detritos. De esta forma se recalca que los horizontes orgánicos en ecosistemas forestales constituyen un escenario de procesos de respiración, descomposición y reciclaje de nutrientes. (Salas, 1987; Fassbender, 1993; Carmona *et al.*, 2006).

La hojarasca depositada en la superficie se descompone según la cubierta forestal que predomine en el suelo, es decir, si los árboles son caducifolios ésta se descompondrá a mayor velocidad, por otra parte, la hojarasca generada por coníferas presenta resistencia a la descomposición y es mayormente ácida estimulando así procesos pedogénicos. Los tipos de lixiviación producidos bajo el efecto de las diversas cubiertas vegetales tienen gran influencia sobre el tipo y velocidad de los procesos formadores de suelo. Una secuencia de

capas definidas llamadas horizontes se forman en el suelo clasificándolos por las características de sus perfiles, en bosques templados el perfil de los suelos generalmente muestra cinco o seis horizontes, aunque existen suelos con ocho o nueve horizontes en áreas lluviosas. Entre 1980 y 1981 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP), la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) y edafólogos reconocidos, establecieron un programa para desarrollar una Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos (IRB) con el objetivo de alcanzar un acuerdo sobre los principales agrupamientos de suelos a ser reconocidos a escala global, así como los criterios para definirlos y separarlos. Posteriormente, en 1992 la IRB fue renombrada como la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). La WRB constituye un marco de referencia para la clasificación de suelos y entre algunos de sus principios básicos están: clasificación definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, comprensión de los procesos formadores de suelo para mejor caracterización, selección de rasgos significativos (Pritchett, 1986; Campbell, 1987; WRB, 2007).

El suelo se forma por intemperismo físico, químico y biológico de las rocas en partículas pequeñas (componente mineral), que junto con la materia orgánica constituyen la fase sólida. La composición química del suelo se deriva de la roca parental de la cual se formó, ésta funge como componente principal en la mayoría de los suelos minerales. Las partículas de arcilla están compuestas de varios minerales procedentes de los feldespatos, micas, etc., por intemperismo químico de rocas ígneas y sus derivadas sedimentarias; se denotan por diferencias físicas y químicas que inciden en los factores fisicoquímicos de los suelos; una de sus características físicas más significativa es su plasticidad, que se define como la capacidad de deformarse sin agrietarse ante fuerzas mecánicas de tal manera que conserva la deformación al retirarse la carga, por lo anterior, las arcillas dependen del contenido de agua, del tamaño de partícula y de la estructura laminar (Campbell, 1987; Anónimo, 2009).

Otro componente, aunque de origen orgánico, es el humus, resultado de la composición de sustancias amorfas originado de la fitomasa parcialmente descompuesta; estas moléculas

elásticas, de carácter ácido, de alto peso molecular y de naturaleza coloidal, presentan gran superficie interna y externa, derivadas por la acción de procesos fisicoquímicos y biológicos a expensas de productos de la degradación de la materia orgánica. La naturaleza de estas sustancias varía con los suelos, el clima, la cubierta vegetal, así como también de las prácticas agrícolas. Considerando la relación de masa carbono:nitrógeno (C/N), el compuesto con menor relación C/N se descompone más rápido debido a su mayor disponibilidad de N para los descomponedores (Frioni, 1999; Carmona *et al.*, 2006).

Por su lenta mineralización sirve como reservorio de nutrientes del suelo y liberan iones minerales aprovechables por los vegetales. Mejora condiciones físicas (agregación, aireación, retención de agua, permeabilidad), aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) debido a su carga eléctrica negativa (retiene cationes), actúa como agente de complejación, quelación, retención de nutrientes (N, P, S) y ejerce efectos fisiológicos (aumento en la permeabilidad de membranas, absorción de nutrientes) (Frioni, 1999; FAO, 2016).

Suelos forestales

Un suelo forestal es aquel que se ha desarrollado bajo la influencia de una cubierta forestal. El efecto marcado de las raíces profundas de los árboles y la asociación de los microorganismos específicos de la vegetación forestal y la capa de hojarasca, junto con su lavado promovido por productos de su descomposición promueve el génesis del suelo. El concepto génesis del suelo fue postulado por Dokuchaev en 1883, como aquellas causas que dieron lugar a su formación; determinó que todos los suelos son formados por interacciones complejas del clima, vegetación, animales, roca madre, topografía y el tiempo mismo del suelo, es decir, la edad (Hernández *et al.*, 2008).

En México los suelos forestales están representados por matorral xerófilo (41%), bosques templados (24%), selva (21%) y otro tipo de vegetación forestal con el 13%. Debido a su distribución geográfica, estos ecosistemas albergan cerca del 70% de las especies identificadas en la Tierra lo que ubica a México dentro de los primeros lugares de los 17 considerados como megadiversos (DOF, 2016).

La relevancia de los suelos forestales estriba en su inicio a principio del siglo XIX en la práctica forestal europea y en E.U.A debido a la necesidad del manejo selectivo de los bosques bajo el rendimiento sostenido y a considerar acciones de reforestación. Desempeñan un papel elemental a escala ambiental debido al gran número de macro y microorganismos que establecen interacciones, relaciones tróficas y procesos de degradación que concluyen el reciclaje de nutrientes. Gracias a la cubierta y estructura forestal se presenta un microclima característico que aloja gran diversidad de microorganismos y estos en conjunto con los procesos de formación, asociación de organismos específicos de la vegetación forestal y de la capa de hojarasca se diferencian de otros suelos (Salas, 1987; FAO, 2015).

Aunque algunas características adquiridas del suelo, durante su desarrollo, persisten por largo tiempo, después de que la cubierta forestal ha desaparecido y el suelo se ha utilizado para cultivos agrícolas, otras propiedades son modificadas drásticamente a razón de las prácticas asociadas con el uso agrícola. Se pueden notar características únicas para este tipo de suelos:

Características físicas

Características consideraras de especial influencia dentro de las propiedades del suelo, sobre el crecimiento y la distribución de las comunidades forestales. Sujetas a menor alteración que las químicas. La estructura y la porosidad, sin embargo, pueden ser alteradas por el manejo del suelo bajo ciertas condiciones. La estructura del suelo involucra la forma, grado y tamaño de los agregados, de esta forma la estructura del suelo afecta la porosidad. La macro porosidad es responsable de la aireación y drenaje del suelo, además de ser el espacio en que se desarrollan las raíces, y parte de la microporosidad retiene el agua de la que disponen las plantas para su crecimiento. El drenaje a su vez puede incrementar la productividad efectiva de las raíces. Sin embargo, algunas propiedades como textura o color y las relacionadas con las características mismas del perfil, no pueden cambiarse fácilmente (Salas, 1987; Rucks *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2008).

Características químicas

Los elementos químicos en el suelo pueden hallarse en tres fases: fase sólida, fase líquida y fase gaseosa. La fase en la que se encuentra un elemento condiciona su reactividad, movilidad y biodisponibilidad, ésta última incide considerablemente en la calidad de un suelo y depende de factores complejos (forma, estado oxido-reducción, pH y el organismo), se expresa como la posibilidad de causar un efecto (positivo o negativo) sobre un organismo. Por ello, un mismo elemento, bajo diferentes compuestos químicos o minerales, presenta una biodisponibilidad completamente distinta. En el caso de los elementos nutrientes, para que sean efectivos, interesa que se hallen en el suelo en una forma disponible. La biodisponibilidad de un elemento de naturaleza inorgánica se expresa en términos de concentración, mientras con elementos orgánicos se hace a partir de un compuesto químico específico (Porta *et al.*, 2003).

En la meteorización los productos presentan distinto comportamiento en función de la carga iónica y el radio iónico de cada uno de ellos. Aquellos solubles, pueden ser absorbidos por las plantas o perderse por lavado. Por la cantidad requerida de elementos para las plantas se dividen en macronutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg) y micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Si) (Porta *et al.*, 2003).

Los elementos químicos integrados en moléculas orgánicas solo participan en reacciones químicas y son biodisponibles tras la mineralización de la materia orgánica, por lo tanto, la tasa de mineralización condiciona la fertilidad potencial del suelo (Porta *et al.*, 2003). En el caso del agua del suelo es considerada una solución diluida de pocos compuestos iónicos que está en contacto con partículas sólidas. En la formación de complejos de superficie cabe indicar que los enlaces electrostáticos con iones totalmente hidratados son los responsables de la adsorción no específica y de la existencia de iones en la interfase sólido-líquido que neutralizan las cargas de la superficie. Los iones que intervienen en este tipo de procesos se denominan iones intercambiables. Si el suelo tiene partículas con carga positiva, la interacción será con los aniones de la solución (Porta *et al.*, 2003).

Características biológicas

La composición biológica del suelo es de particular importancia para los procesos de descomposición de la materia orgánica y las relaciones tróficas que sostiene. Estas interacciones constituyen una parte de la red de relaciones de los ecosistemas terrestres. La energía que fluye en estos procesos permite mantener las vías tróficas paralelas (depredación, comensalismo, entre otras), las cuales cumplen funciones de control de abundancia y estructura de las poblaciones biológicas del suelo (Bornemisza, 1982). La mayoría de los organismos activos dependen, para su funcionamiento, de factores edáficos como acidez, aireación, humedad, temperatura, así como de suministros de energía, son estos factores los que influyen notoriamente en su distribución espacial. Las condiciones favorables para la mayoría de los organismos pueden encontrarse en el nivel denominado espacio radical intensivo, situado entre la capa del humus y el horizonte inmediatamente subyacente (Salas, 1987; Carmona *et al.*, 2006).

Los microorganismos interactúan con las plantas a nivel de follaje y las hojas, en la superficie del suelo donde encuentran abundantes materiales carbonados y un medio favorable de condiciones fisicoquímicas. La rizosfera es la zona del suelo afectada por las raíces y se define por el volumen de interacción entre el sistema radical de los vegetales y su inmediato medio, el suelo. Este sistema ejerce varios efectos sobre las micro poblaciones (Frioni, 1999; Carmona *et al.*, 2006).

En el caso de los hongos, en los estratos orgánicos boscosos o selváticos, son los principales agentes de descomposición en ambientes ácidos. Los basidiomicetos funcionan en la degradación de materia orgánica, están ampliamente distribuidos y forman asociaciones como micorrizas con árboles (Alexander, 1980; Campbell, 1987; Boa, 2005).

Ascomicetos y basidiomicetos

Uno de los rasgos distintivos que limita a los ascomicetos es su reproducción de esporas sexuales en sacos o ascos (reproducción asexual); estos organismos varían en tamaño y complejidad que van desde levaduras unicelulares hasta detallados hongos en forma de copas y colmenillas. Su estructura celular es tabicada. Los ascomicetos degradan la celulosa presente en las subcapas de la pared celular del tejido dejando perforaciones de

la pared celular. Por otra parte los basidiomicetos presentan una reproducción asexual menos frecuente que los ascomicetos, su ciclo de vida incluye un micelio dicarionte de vida prolongada; los basidiomicetos (degradación café) metabolizan la celulosa y hemilcelulosa dejando grietas y un color marrón oscuro en la madera; en el caso de la coloración blanca en esta misma subdivisión, se metabolizan los tres principales componentes de la madera aclarando el color de la madera y se pueden distinguir dos tipos, el primero se distingue zonas de descomposición de celulosa, hemilcelulosa y lignina; en el segundo sólo la lignina es degradada (Nilson *et al.*, 1989; Campbell y Jane, 2007).

Importancia ecológica de los hongos en suelos

Estudios realizados en la zona de la Sierra Nevada demostraron que en los suelos forestales se concentra un gran número de especies de macro y micromicetos, algunos de ellos presentan cierto valor comercial en las comunidades dado su consumo alimenticio y farmacéutico (Ceballos *et al.*, 2009). Madigan *et al.* (2004), reportaron el papel ecológico de estos organismos por ser descomponedores de celulosa, lignina y otros compuestos naturales de tal manera que aportan minerales a la vegetación y contribuyen a la riqueza mineral del suelo, estos grupos son representativos de los suelos forestales: Ascomicetos y Basidiomicetos. Este grupo de organismos libera generalmente menos CO₂ por cada unidad de carbono transformado aeróbicamente que los otros grupos microbianos, ya que los hongos son más eficientes en su metabolismo (Campbell, 1987; Boa, 2005).

LUGAR DE ESTUDIO

Al oriente del estado de México se encuentra el municipio de Tlalmanalco de Velázquez integrado por 42 localidades con una población de más de 43,930 habitantes y dada su relevancia ecológica forma parte del Programa de Investigación Sierra Nevada hacia el manejo sustentable de los recursos naturales que de esta manera contribuye a la mejora de calidad de vida de sus pobladores la que permite construir un proyecto económico a gran escala y largo plazo. En Tlalmanalco existe un área protegida que sirve como campo para la investigación de proyectos de conservación, protección, prevención y remediación, entre otros fines con miras hacia el aprovechamiento sustentable. Pese al panorama creado por las problemáticas ambientales del municipio como son el desmonte de la vegetación local, aserraderos clandestinos, asentamientos irregulares, introducción de especies alóctonas, ganado de traspatio y emisión de ruidos generan presión sobre el conjunto de actividades productivas del municipio en conjunto con extracción de madera la que se complementa con ganadería para impulsar la economía local, es ésta última, la actividad que genera mayor presión en el ecosistema (Granados-Sánchez y Hernández, 2005; Gobierno del Estado de México, 2017).

El ANP “El Faro” se encuentra en los 19° 12’ 32” de latitud Norte y los 98° 45’ 28” de longitud Oeste con un rango altitudinal de 2,540 a 2,680 msnm (Figura 1). La superficie destinada es de 40.51 ha y debido a la influencia de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl el clima es templado subhúmedo donde la temperatura media anual de 13.2° C y una precipitación media anual de 1,092 mm. La unidad de suelo predominante en “El Faro” es el Andosol ócrico producto de cenizas volcánicas caracterizado por presentar baja materia orgánica susceptible a la erosión (Gobierno del Estado de México, 2017).

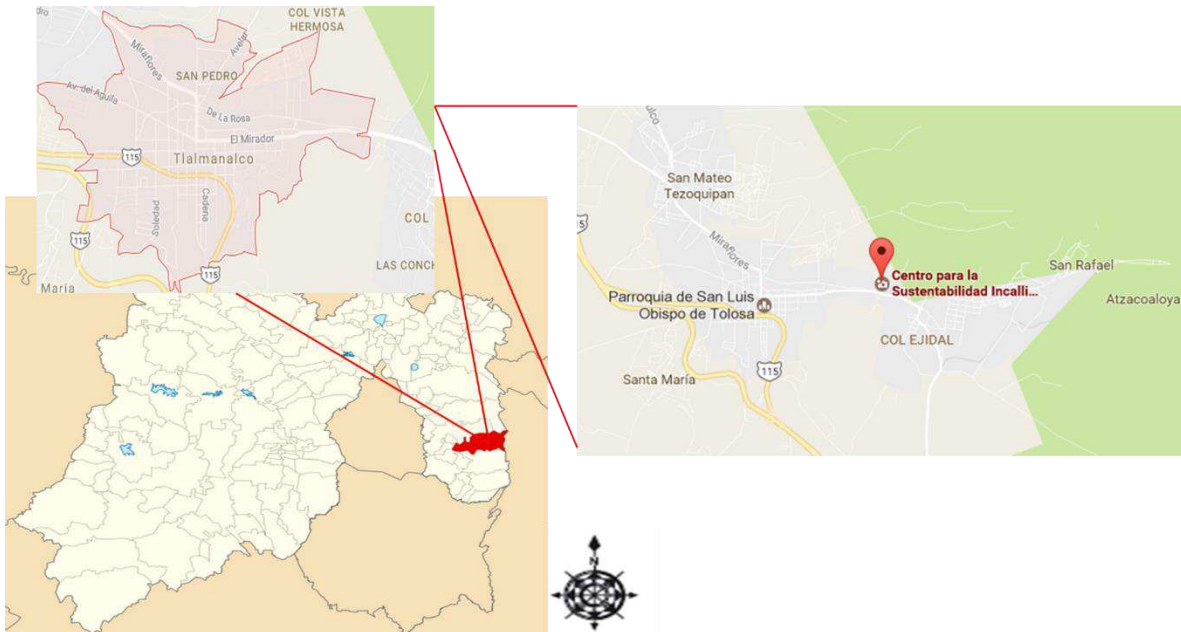


Figura 1. Área Natural Protegida “El Faro”, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar a partir de sus propiedades físicas, químicas y biológicas algunos suelos de dos sitios con diferente cobertura forestal en el Parque Estatal “El Faro” en Tlalmanalco, Estado de México.

Objetivos particulares

- Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos en dos sitios con diferente cobertura forestal en el Parque Estatal “El Faro”, Estado de México.
- Estimar la frecuencia de hongos microscópicos como propiedad biológica de los suelos en dos sitios con diferente cobertura forestal en el Parque Estatal “El Faro” en Tlalmanalco, Estado de México.
- Comparar a partir de sus propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en dos sitios y establecer las principales diferencias que existen y que se reflejen en la calidad de vegetación en el Parque Estatal “El Faro” en Tlalmanalco, Estado de México.

METODOLOGÍA

La metodología consistió en trabajo de gabinete, trabajo de campo, trabajo en laboratorio y segunda fase de trabajo de gabinete hacia la obtención de los resultados para su posterior análisis, discusión y conclusión.

Trabajo de gabinete 1ª fase

Se realizó la investigación bibliográfica basada en literatura especializada, descripción morfológica de perfiles de suelos y claves de identificación de hongos microscópicos.

Trabajo de campo

Caracterización morfológica de los suelos

Se seleccionaron dos sitios de estudio y se identificaron según su morfología: sitios con diferente cobertura forestal en una ladera donde una de sus caras presenta cobertura forestal sin perturbación (No Incendio, suelo no quemado) y cobertura forestal de pino con perturbación (Incendio, suelo quemado). Para cada uno de los sitios se procedió a excavar una calicata de 2 x 2 x 2 metros de profundidad con ayuda de pico y pala; primero se limpió el perímetro a fin de quitar hierba y hojarasca, posteriormente se procedió a identificar los horizontes con base a la Descripción Morfológica de Perfiles de Suelos (Vela-Correa *et al.*, 2011), con ayuda de un martillo se golpeó suavemente en vertical para inferir nuevos horizontes. Por último, se etiquetó el perfil identificando los respectivos horizontes. Descritos los horizontes en cada sitio, se tomaron muestras de cada uno con ayuda de una pala de abajo hacia arriba con la finalidad de no contaminar la muestra inferior; las muestras fueron guardadas en bolsas negras previamente etiquetadas. Para el secado del suelo, se colocó cada muestra del perfil en papel periódico, dejando secar a temperatura ambiente en un lugar cerrado con el fin de eliminar el exceso de agua conservando una pequeña parte para el análisis de humedad.

Toma de muestras de hongos microscópicos

La toma de muestras de suelo para el análisis micológico consistió en tomar de los dos sitios de estudio hojarasca o mantillo, donde se encuentre la mayor acumulación de residuos vegetales. Posterior a ello se hizo una excavación para descubrir el perfil del suelo y el muestreo cada 10 cm, hasta 40 cm de profundidad. Para el aislamiento de hongos microscópicos en la zona de la rizosfera se recolectó una muestra del suelo a una profundidad de 10-15 cm de la superficie (Mier *et al.*, 2002).

Trabajo de laboratorio

Análisis físico y químico de los suelos

Las muestras de suelo secadas fueron tamizadas con una malla del número 10 (2 mm de diámetro) y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 021 (SEMARNAT, 2002) se determinaron las propiedades físicas y químicas (Figura 2).

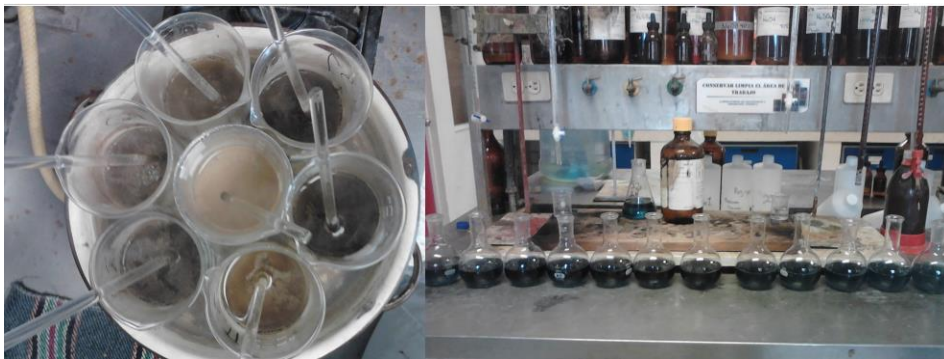


Figura 2. Análisis físico y químico de los suelos. Textura y Materia orgánica.

Análisis microbiológico

Para el aislamiento, purificación y obtención de micro cultivos de hongos microscópicos se procedió de acuerdo con el método placas de Warcup modificado propuesto por Mier *et al.*, (2002). Se hizo la cuantificación de UFC por profundidad en cada sitio y se hicieron observaciones de macro morfología de las colonias, para este trabajo se propone una escala de color para agrupar a los hongos encontrados en 10 categorías básicas de acuerdo con dicha morfología colonial (Tabla 1).

Esto permitió tener una aproximación de los principales grupos fúngicos presentes en cada sitio y profundidad.

Tabla 1. Características de macro morfología para agrupar a los hongos en los diferentes grupos propuestos.

Color	Textura	Grupo propuesto
Blanco/Rosado	Flocoso	<i>Acremonium</i>
Verde olivo	Flocoso	<i>Alternaria-Epicocum</i>
Verde	Polvoso/Aterciopelado	<i>Aspergillus-Penicillium</i>
Blanco/Gris/Verde	Lanoso	<i>Cladosporium</i>
Negro/Café/Verde olivo	Aterciopelado	<i>Dematiaceo</i>
Amarillo/Rosado/Naranja	Flocoso	<i>Fusarium</i>
Verde	Polvoso	<i>Scopulariopsis</i>
Verde	Aterciopelado/No polvoso	<i>Trichoderma</i>
Blanco/Amarillo	Algodonoso	<i>Verticillium</i>
Oscuro/puntos negros	Flocoso	Zigomicetos

Trabajo de gabinete 2ª fase

Posterior al aislamiento e identificación de hongos microscópicos, así como de la caracterización física y químicas de las muestras de suelo, para las propiedades biológicas se utilizó el criterio propuesto por Yadav y Madelin (1968) para asignar la categoría con base en su frecuencia (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia de aparición de los grupos fúngicos.

Categoría	Frecuencia
Muy común	81-100 %
Común	61-80 %
Frecuente	41-60 %
Ocasional	21-40
Raro	0.1-20 %
No encontrado	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas de los suelos

La clase textural del suelo quemado fue areno francosa y arenoso francosa, mostró un predominio de las arenas con valores del 78 al 88% en la capa superficial del suelo, mientras que en el suelo no quemado los valores fueron ligeramente menores desde 63 a 86% por lo que la clase textural fue franco-arenosa. (En el suelo quemado, los efectos de la pirolisis sobre los agregados de la capa superficial modifican su tamaño y composición, los materiales orgánicos de estos agregados se pierden debido a la combustión lo que origina una porción menor de ellos y esto se refleja en la proporción de arenas y arcillas; por otra parte en el suelo no quemado la modificación la proporción de arenas y arcillas fue ligeramente menor sin embargo la configuración del relieve sobre este suelo promueve el desplazamiento de estos elementos estructurales (Tabla 3). Por lo tanto, el predominio de las arenas en ambos suelos y los procesos erosivos que dominan en los sitios sugiere una rápida lixiviación de bases (Pérez-García, López-Blanco y Vela-Correa, 2008; Ángeles-Cervantes, 2010; Santín y Doerr, 2016).

El aumento de las arenas en el sitio quemado incide directamente en los valores de humedad, ya que la cubierta forestal actúa como aislante de temperatura y humedad del suelo, la eliminación del material orgánico expone al suelo a diversos factores erosivos como el aumento en la porosidad y retención de humedad (Porta *et al.*, 2003). La capa hidrófoba generada en el sitio quemado procedente de la combustión de materia orgánica y las sustancias evaporadas resultó en el ligero aumento de la densidad real (Giovannini y Luchesi, 1997).

Propiedades químicas de los suelos

En el suelo quemado los valores de pH oscilaron de 5.29 a 5.61 mientras que en el suelo no quemado fue de 5.1 a 5.51 considerando a los suelos como ligeramente ácidos. El porcentaje de material orgánica en el suelo quemado fue 1.0 a 3.01, por otra parte, en el suelo no quemado los valores van de 0.9 a 2.44.

La capacidad de intercambio catiónico en el suelo quemado fue aumentando desde la capa superficial al horizonte C2 con valores de 11.79 a 18.97 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$; en el suelo no quemado los valores oscilaron de 10.77 a 15.97 $\text{meq} \cdot 100 \text{ g suelo}^{-1}$. Las bases intercambiables en el suelo quemado mostraron un aumento con respecto a la profundidad de los horizontes, los valores del Ca^{+2} fueron de 19.08 a 38.16 miliequivalentes por 100 gramos de suelo, Mg^{+2} con de 0.4 a 0.55, Na^{+} de 0.4 a 1.96 y K^{+} de 0.02 a 1.02 $\text{meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. En el suelo no quemado el Ca^{+2} oscilo de 18.02 a 31.27, los valores de Mg^{+2} fueron de 0.3 a 1.3, Na^{+} 1.3 a 2.17 y K^{+} 1.34 a 1.79. Los resultados de alófonos fueron de medio a muy altos en la capa superficial de ambos suelos debido al material parental de origen volcánico y altos contenidos de aluminio silicatos (Shoji, Nanzyo y Dahlgren, 1993).

Los elementos contenidos en la capa de ceniza en el sitio quemado resultaron en el ligero aumento del pH, materia orgánica y carbono orgánico, debido en parte al movimiento del material quemado de tamaño coloidal de la capa superficial al suelo mineral por gravedad, así como los efectos de la pirolisis del material orgánico reduciendo la formación de ácidos que se forman durante la descomposición biológica y contribuyen a acidificar (Tabla 3) (Fassbender y Bornemisza, 1987). Los resultados de la CIC mantienen el mismo comportamiento ascendente que el pH en el sitio quemado desde la capa superficial hacia el horizonte C2, lo que concuerda con los valores de CIC de suelos a partir de caolinita (Pritchett, 1986; Giovannini y Luchesi, 1997). Por otra parte, los cationes intercambiables en el sitio quemado se mostraron una tendencia similar al pH, materia orgánica y carbono orgánico lo que sugiere una lixiviación rápida debido a la porción de arenas aunado a los procesos erosivos marcados por la configuración del relieve.

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de los suelos. El Faro, Tlalmanalco.

Sitio		Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	Incendio	No Incendio	
Horizonte		O		Ah		C1		C2		
Prop. químicas	Alófanos	Muy alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	
	pH	5.36	5.10	5.51	5.38	5.61	5.29	5.60	5.51	
	Materia orgánica [%]	3.01	2.44	2.26	1.49	1.00	1.00	1.21	0.90	
	C org [%]	1.75	1.42	1.31	0.86	0.58	0.58	0.70	0.52	
	CIC [cmol+kg-1]	11.79	10.77	13.33	13.85	14.36	12.31	18.97	15.90	
	Bases intercambiables [meq100g-1]	Ca ⁺²	28.62	31.27	19.08	19.61	32.07	18.29	38.16	18.02
		Mg ⁺²	1.30	0.40	0.40	0.30	1.70	0.55	1.00	1.30
		Na ⁺	0.04	2.17	1.52	1.74	1.96	1.30	1.96	1.30
K ⁺		0.02	1.79	1.02	1.53	0.96	1.34	0.90	1.41	
Prop. físicas	Partículas de suelo [%]	Arenas	88	86	90	58	76	64	78	63
		Limos	2	2	2	26	18	30	16	29
		Arcillas	10	12	8	16	6	6	6	8
	Clase textural	areno francosa	franco arenosa	arenoso franco	franco arenosa	arenoso franco	franco arenosa	franco arenosa	franco arenosa	

Propiedades biológicas de los suelos

En el suelo quemado solamente se encontraron colonias de bacterias lo que sugiere a este grupo de microorganismos con mayor resistencia a los efectos de la temperatura, condiciones de humedad y pH alcalino ya que no hubo crecimiento de UFC fúngicas en la profundidad de 0-10 cm (Mabuhay, Nakagoshi y Horikoshi, 2003); sin embargo, en el no quemado se obtuvieron 9 grupos fúngicos en el mismo intervalo de profundidad representado por los grupos fúngicos semejantes a *Alternaria-Epicocum*, *Aspergillus-Penicillium* y *Scopulariopsis* cuya categorización fue rara (18.79%) (Figura 3). El grupo fúngico *Alternaria-Epicocum* son grupos asociados a la producción de metabolitos de gran diversidad, representados por su característica endófito, una vez establecida la interacción con su hospedero puede ampliar su nivel de estrés ante factores bióticos (Sun, Ran y Wang, 2008).

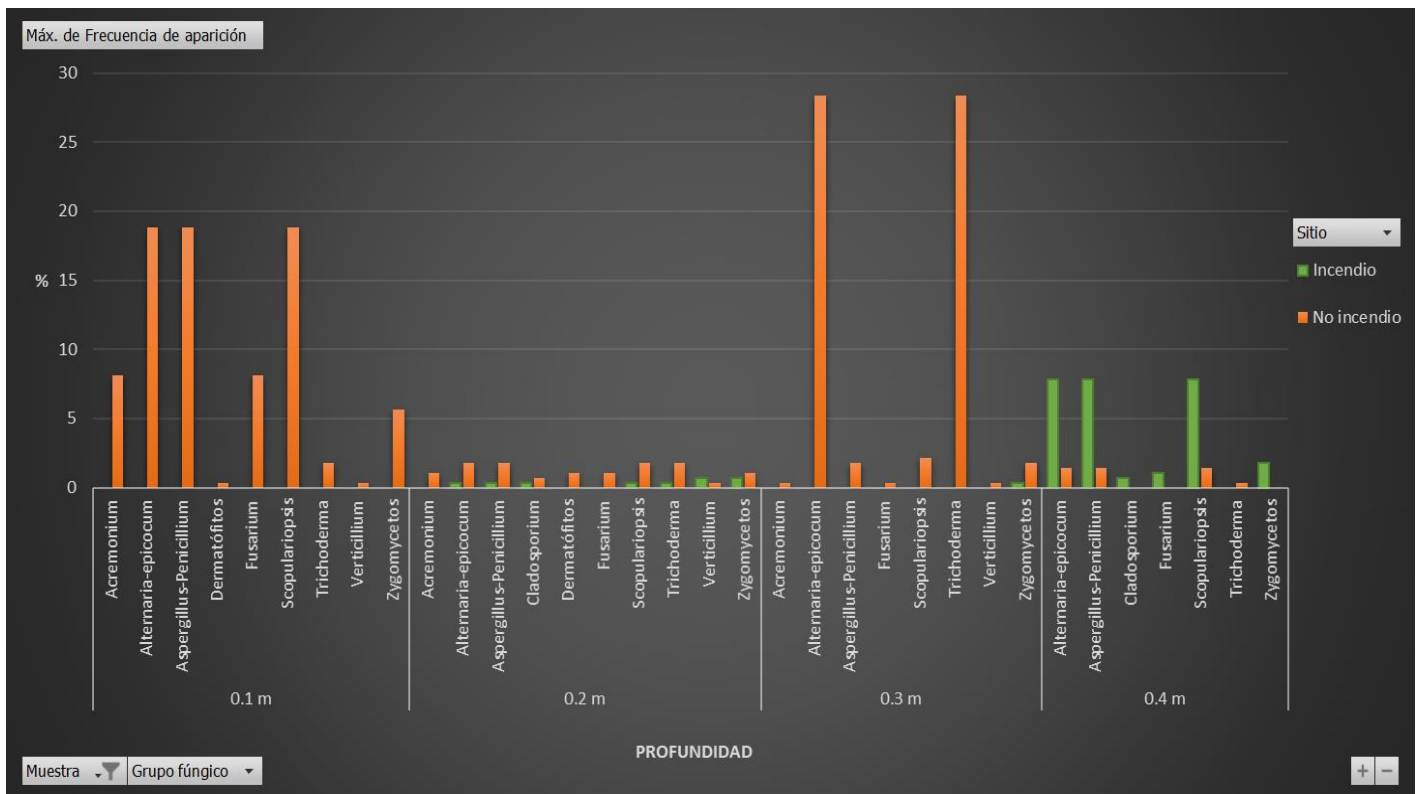


Figura 3. Frecuencia de grupos fúngicos en los suelos de El Faro, Tlalmanalco.

En el suelo quemado a profundidad de 11 a 20 cm, los grupos semejantes a *Verticillium* y *Zigomiciteos* mostraron ser raros en frecuencia (0.7 %) y en el suelo no quemado los grupos semejantes a *Alternaria-Epicocum*, *Aspergillus-Penicillium*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma* fueron asignados en la categoría raros con base en su frecuencia (1.7 %). El asentamiento de UFC fúngicas, así como la presencia del grupo semejante a *Verticillium* destacan su función ecológica al ser degradadores de polímeros orgánicos a sacáridos simples, por lo que en el proceso de sucesión post-incendio resulta benéfico en los procesos de oxidación (Mabuhay, Nakagoshi y Horikoshi, 2003; Mataix-Solera *et al.*, S/A). De 21 a 30 cm de profundidad en el suelo quemado solo se encontró el grupo semejante a *Zigomiciteos* considerado raro por su frecuencia (0.4 %), mientras que en el sitio no quemado la diversidad de grupos fúngicos fue mayor pero ocasionales (28.3%) con los grupos semejantes a *Alternaria-Epicocum* y *Trichoderma*. La capacidad antagónica del grupo semejante a *Trichoderma* fue analizada en la investigación de Ronnie-Gakegne y Martínez-Coca (2018) donde sugieren su característica biocontroladora (en el proceso de la interacción con su hospedera) inhibiendo la capacidad de crecimiento de otros organismos

y de esta manera favorecer la relación. De 31 a 40 cm de profundidad el sitio quemado tuvo mayor diversidad de grupos fúngicos, aunque raro (7.8%) comparado con el suelo no quemado representados por el grupo semejante a *Alternaria-Epicocum*, *Aspergillus-Penicillium* y *Scopulariopsis*. El grupo semejante a *Penicillium* se caracteriza por favorecer la degradación de sacáridos y facilitar los procesos de sucesión ecológica inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos, además de establecen una interacción en virtud de la planta y la síntesis de metabolitos secundarios durante el proceso de asociación (Koolen *et al.*, 2012).

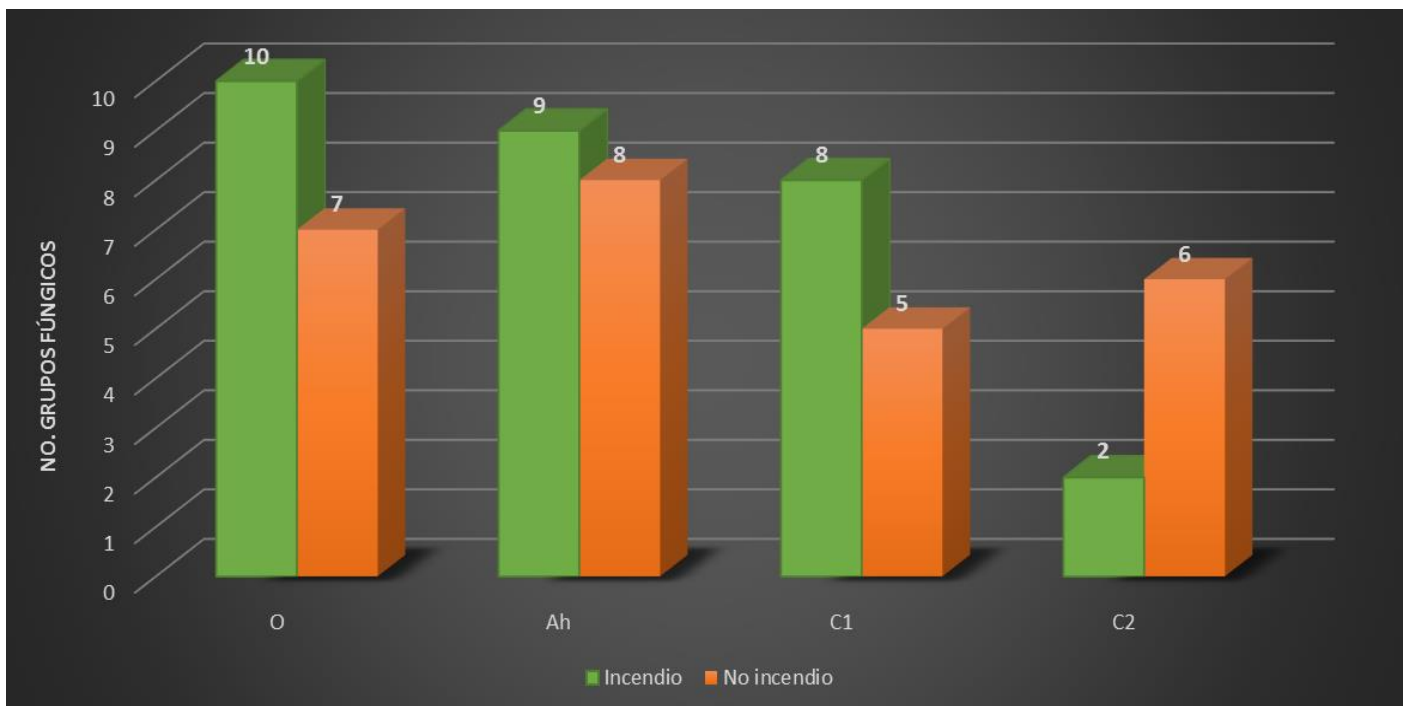


Figura 4. Diversidad de grupos fúngicos en los suelos de El Faro, Tlalmanalco.

En el suelo quemado la diversidad de grupos fúngicos fue mayor que en el suelo no quemado (esto se debe al aporte de materia orgánica desde la capa superficial y los valores de pH, de esta forma favoreció la presencia de colonias fúngicas con respecto al sitio no quemado, Figura 4 (Pritchett, 1986). Sin embargo, en el horizonte C2 del suelo no quemado se obtuvieron seis grupos fúngicos lo que puede deberse a la resistencia de condiciones fisicoquímicas ya que estos grupos se obtuvieron en el sitio quemado en la capa superficial (Oliveira, 1996; Ronnie-Gakegne y Martínez-Coca, 2018).

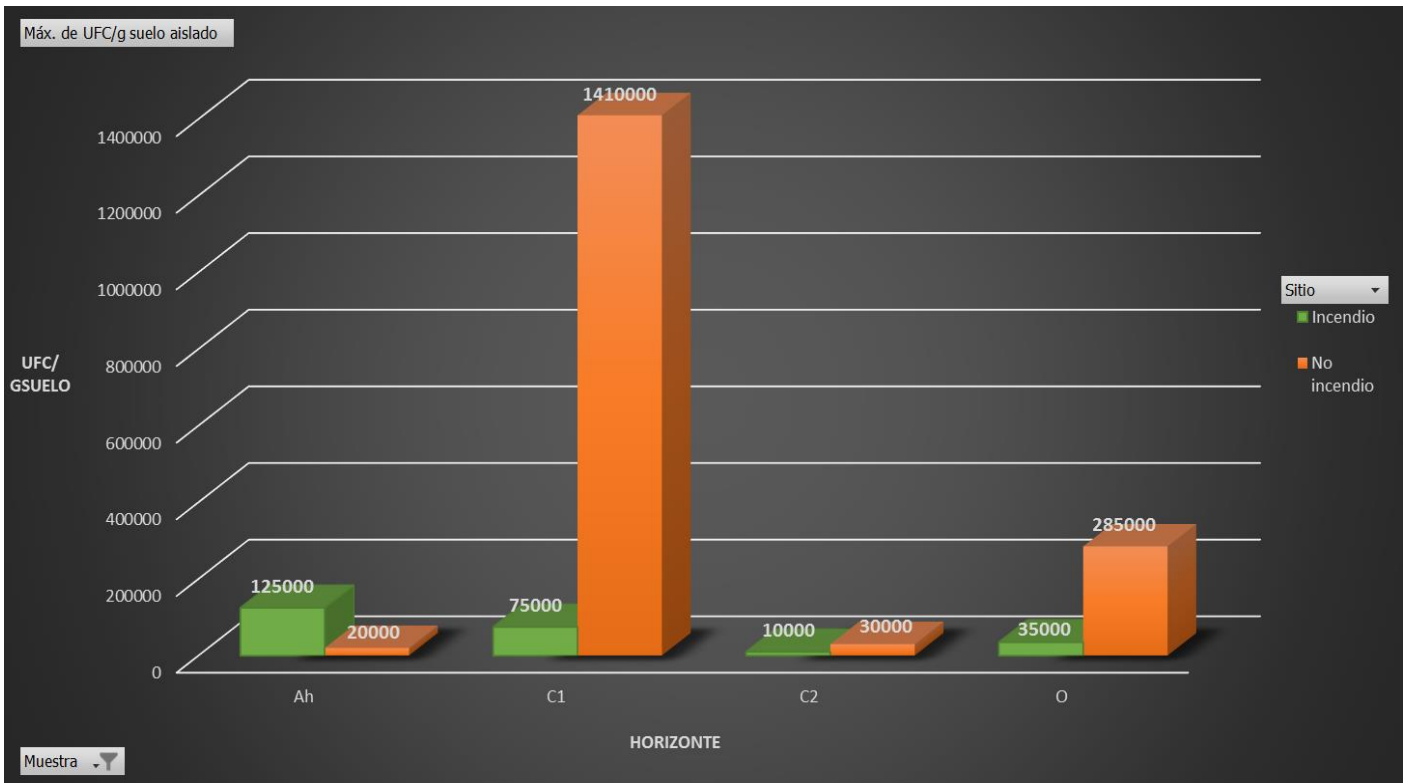


Figura 5. UFC fúngicas en los suelos de El Faro, Tlalmanalco.

En el suelo no quemado los grupos fúngicos semejantes a *Aspergillus-Penicillium* y *Scopulariopsis* tuvieron mayor UFC g suelo⁻¹ en el horizonte C1 categorizados como muy frecuentes (100%) (Figura 5), mientras que en el suelo quemado fueron raros (8.9 %) (Tabla 4). El grupo semejante a *Aspergillus-Penicillium* está caracterizado por sintetizar sustancias y de esta forma favorecer a su hospedero; el grupo semejante a *Scopulariopsis* está asociado como entomopatógeno y nematófago por lo que puede ser empleado como control biológico y beneficiar a las comunidades vegetales ante patógenos (Sánchez-Fernández *et al.*, 2013; Galleguillos, 2016).

Tabla 4. Numero de UFC fúngicas y frecuencia de aparición en los suelos de El Faro, Tlalmanalco.

Grupo fúngico	Sitio					
	Incendio			No incendio		
	n	%	Categoría	n	%	Categoría
<i>Acremonium</i>	15000	1.1	Raro	170000	12.1	Muy común
<i>Alternaria-Epicocum</i>	110000	7.8	Ocasional	400000	28.4	Muy común
<i>Aspergillus-Penicillium</i>	110000	7.8	Raro	1410000	100.0	Muy común
<i>Cladosporium</i>	20000	1.4	Muy común	10000	0.7	Frecuente
<i>Dematiaceo</i>	25000	1.8	Muy común	15000	1.1	Frecuente
<i>Fusarium</i>	20000	1.4	Raro	135000	9.6	Muy común
<i>Scopulariopsis</i>	110000	7.8	Raro	1410000	100.0	Muy común
<i>Trichoderma</i>	40000	2.8	Raro	400000	28.4	Muy común
<i>Verticillium</i>	20000	1.4	Muy común	5000	0.4	Ocasional
Zigomicetos	125000	8.9	Muy común	120000	8.5	Muy común
Total UFC	595000			4075000		

El conjunto de variables físicas y químicas, así como la disponibilidad de recursos condicionan a los organismos su distribución. En este contexto, los hongos reportados en la presente investigación están en la cercanía de la raíz, por lo que toman nutrientes y protección del organismo con el que establecen la asociación y por correspondencia pueden formar una relación donde ambos se benefician como en las relaciones mutualistas o simbióticas. La fijación de nutrientes, síntesis de sustancias, resistencia al estrés o incrementos en la tolerancia, para beneficio de la asociación, son algunos de los bienes que proporcionan estos hongos microscópicos ante consumidores o patógenos. Por otra parte, su empleo hacia el desarrollo de estrategias y buenas prácticas de manejo como biocontrol, indicadores de salud, fertilidad y producción de metabolitos son algunas de las ventajas que proporcionan estos organismos. (Oliveira,1996; Aguilera *et al.*, 2007; Ceballos *et al.*, 2009; Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011; Vargas-Batiz *et al.*, 2015; Moreno, 2018).

CONCLUSIONES

- El suelo quemado mostró un ligero aumento en el pH y materia orgánica, por la deposición de cenizas en la capa superficial del suelo.
- La Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo quemado aumentó con respecto a la profundidad lo que favorece a largo plazo la disponibilidad de nutrientes.
- En el horizonte O del suelo quemado se tuvo una mayor diversidad de grupos fúngicos con respecto al no quemado en el intervalo de 30 a 40 cm aunque el número de UFC fúngicas fue de 595,000 g suelo⁻¹ siendo el grupo semejante a Zigomicetos el de mayor frecuencia.
- En el suelo no quemado la mayor frecuencia de UFC fúngicas se registró en el horizonte C1 con 1,410,000 mientras que la mayor diversidad de estos microorganismos se distribuyó en el horizonte Ah. Los grupos fúngicos con mayor frecuencia en el suelo no quemado fueron los semejantes a *Aspergillus-Penicillum* y *Scopulariopsis*.
- Con base en los resultados de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo quemado, los efectos del incendio modificaron algunas de sus propiedades lo que incide en el asentamiento de hongos microscópicos los cuales aumentan el aporte de materia orgánica, estructura del suelo, ciclaje de nutrientes además establecen asociaciones benéficas con la cubierta forestal por lo que se destaca la importancia de los incendios a nivel ecológico y su grado de modificación hacia la estabilidad de los ecosistemas.

RECOMENDACIONES

Los grupos fúngicos reportados en esta investigación pueden ser empleados en las buenas prácticas de manejo, por sus capacidades de biocontrol, entre las cuales destacan: síntesis de sustancias inhibidoras, fijación de nutrientes, mayor tolerancia a estrés, así como indicadores de salud de suelos forestales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, M. (1980). Introducción a la microbiología del suelo. EGT Editor S.A. México. 491 p.
- Anónimo. (2009). Plasticidad. Laboratorio de Cementos. Universidad de Oviedo. Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/practec.htm>. (10 de febrero de 2017).
- Ángeles-Cervantes, E. R. (2010). Efectos ecológicos de los incendios forestales sobre el bosque de oyamel. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. 130 p.
- Aguilera, G. L. I. Olalde, P. V. Arriaga, R. M. Contreras, A. R. (2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*. 14(3): 300-306.
- Audemar-Cervantes, A. (2011). El proceso de urbanización en el municipio de Tlalmanalco (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. 86 p.
- Boa, E. (2005). Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población. *Productos Forestales no Madereros*. FAO. 176 p.
- Bornemisza, E. (1982). Introducción a la Química de Suelos. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía no. 25. Pág. 21-47.
- Campbell, R. (1987). Ecología microbiana, estructura y dinámica de las poblaciones microbianas en el suelo. Editorial LIMUSA. México. 268 p.
- Campbell, N. A. Jane, B. R. (2007). Biología. Ed. Medica Panamericana. España. 1,532 p.
- Cardoza, V. R. Cuevas, F. L. García, C. J. S. Guerrero, H. J. A. González, O. J. C. Hernández, M. H. Lira, Q. M. L. Nieves, F. J. L. Tejada, S. D. Vázquez, M. C. M. (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales (manual de obras y prácticas). Comisión Nacional Forestal. Zapopan. México. 70 p.
- Carmona, M. R. Aguilera, M. P. Cecilia, A. & Serey, I. (2006). Actividad respiratoria en el horizonte orgánico de suelos de ecosistemas forestales del centro y sur de Chile. *Gayana Botánica*. 63(1): 12.
- Ceballos, G. R. List, R. Garduño, G. López, R. Muñozcano, M. Collado, E. San, J. (Coord.). (2009). La diversidad biológica del Estado de México. Gobierno del Estado de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 527 p.

- Cruz, U. B. S. (1999). Micorrización en la conservación de los bosques. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma de México*. 6 (2): 159-164.
- Diario Oficial de la Federación. (2016). Programa Nacional Forestal 2014-2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342498&fecha=28/04/2014. (20 de enero de 2017).
- Fagoso, C. Rojas, P. Reyes, C. P. (2001). La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoológica Mexicana*. (nueva serie). 10 p.
- FAO. (2015). Los bosques y suelos forestales contribuyen de manera esencial a la producción agrícola y la seguridad alimentaria mundial. Año Internacional de los Suelos 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>. (9 de febrero de 2017).
- FAO. (2016). Conservación de los Recursos Naturales para una Agricultura Sostenible. Soil Fertility. Disponible en: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sf/soil_fertility.pdf. (10 de febrero de 2017).
- Fassbender, H. W. (1993). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales (No. 29). Bib. Orton IICA/CATIE 491 p.
- Froni, L. (1999). Procesos microbianos. Ed. de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 322 p.
- Galleguillos, G. F. A. (2016). Hongos asociados a escarabajos lignícolas en bosques de *Nothofagus*: su aplicación en control biológico de *Ophiostoma* y en spalting. Tesis Doctoral. Universidad de Concepcion. 98 p.
- Giovannini, G. Lucchesi, S. (1997). Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. *Soil Sci.* (162): 479-786.
- Gobierno del Estado de México. Cerro El Faro y de los Monos. Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas Estado de México. Secretaria del Medio Ambiente. Disponible en: http://areasnaturales.edomex.gob.mx/datos_fisicos_cerro_faro_monos. (18 de enero de 2017).
- Granados-Sánchez, D. Hernández-García, M. A. (2006). El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y El Impacto Ecológico-Social De Su Deterioro. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 12 (julio-diciembre). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912203>. (5 de febrero de 2017).

- Hernández, A. Ascanio, M. Morales, M. Bojórquez, I. García, N. García, D. (2008). El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit. 255 p.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2016). Tlalmanalco. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de México. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15103a.html>. (18 de enero de 2017).
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 130 p.
- Julca-Otiniano, A. Meneses-Florian, L. Blas-Sevillano, R. Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*. 24(1): 12.
- Koolen, H. H. F. Soares, E. R. Silva, F. M. A. da Almeida, R. A. de Souza, A. D. L. de Medeiros, L. S. de Rodrigues, E. Souza, A. Q. L. de. (2012). An antimicrobial alkaloid and other metabolites produced by *Penicillium* sp. An endophytic fungus isolated from *Mauritia flexuosa* L. f. *Química Nova*, 35(4), 771-774.
- Mabuhay, J. A. Nakagoshi, N. Horikoshi, T. (2003). Microbial biomass and abundance after forest fire in pine forest in Japan. *Ecological Research*. 18: 431-441.
- Madigan, M. T. Martinko, J. M. Parker, J. (2004). *Biología de los Microorganismos, Diversidad microbiana en eucariotas*. Pearson. Madrid. 1,200 p.
- Martínez, H. E. Fuentes, E. J. P. Acevedo, H. E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 8(1). 28 p.
- Martín-López, B. Montes, C. (2010). Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. *Guía científica de Urdaibai*, pp. 13-32.
- Masera, O. Benjamín, J. A. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*. primavera. pp. 3-12.
- Mataix-Solera, J. Guerrero, C. García-Orenes, F. Bárcenas, G. M. Torres, M. P. (S/A). Forest fire effects on soil microbiology, *Fire Effects on Soil and Restoration Strategies*, 43 p.

- Mier, T. Toriello, C. Ulloa, M. (2002). Hongos Microscópicos saprobios y parásitos: métodos de laboratorio. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Instituto de Biología. 93 p.
- Mier, T. Rivera-Becerril, F. Ayala-Zermeño, M. A. Toriello, C. Aguilar, S. Ulloa, M. (2013). Métodos Experimentales para el Estudio de Hongos Microscópicos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, División de ciencias biológicas y de la salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, 103 p.
- Moreno, H. R. (2018). Diversidad fúngica en *Pinus radiata* en función de la distancia al punto de inoculación con *Fusarium circinatum*. Universidad de Valladolid. Tesis de Maestría en Ingeniería de Montes. 106 p.
- Mota-Delgado, P. A. Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambi-Agua*, Taubaté, 6(2): 77-90.
- Navarro-Sigüenza, A. G. Rebón-Gallardo, M. F. Gordillo-Martínez, A. Peterson, A. T. Berlanga-García, H. & Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista mexicana de biodiversidad. suplemento* (85): 476-495.
- Nilsson, T. Daniel, G. Kirk, K. & Obst, J. (1989). Chemistry and microscopy of wood decay by some higher Ascomycetes. *Holzforschung* 43. pp. 11-18.
- Novoa, G. Z. I. (2011). Valoración económica del patrimonio natural. Las Áreas Naturales Protegidas. *Espacio y Desarrollo*. pp. 131-154.
- Oliveira, P. J. A. (1996). Nuevas tendencias en la mejora de praterenses: los endófitos. *Revista PASTOS*. 26(1): 3-22.
- Pearce, D. Turner, K. (1990). Economics of natural resources and the environment. John Hopkins University Press, Baltimore. 392 p.
- Pérez-García, C. A. López-Blanco, J. Vela-Correa, G. (2009). Influencia del relieve en las propiedades de un suelo afectado por incendio en el volcán El Pelado, Centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*, 69: 7-20.
- Porta, C. J. López-Acevedo, R. M. Roquero, D. L. C. (2003). Edafología, Para la agricultura y el medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. México. 929 p.

- Pritchett, W. C. (1986). Suelos Forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa. México. 565 p.
- Ramírez-Albores, J. E. (2006). Variación en la composición de comunidades de aves en la Reserva de la Biosfera Montes Azules y áreas adyacentes, Chiapas, México. *Biota Neotropical*. 6 (2): 1-19.
- Ronnie-Gakegne, E. Martínez-Coca, B. (2018). Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 33 No.2. 9 p.
- Rucks, L. García, F. Kaplán, A. Ponce de León, J. & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la Republica. Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay. 67 p.
- Salas, G. De las. (1987). Suelos y ecosistemas forestales: Con énfasis en América tropical. *Revista de Biología* No. 80. Costa Rica. 450 p.
- Sánchez-Fernández, R. E. Sánchez-Ortiz, B. L. Sandoval-Espinoza, Y. K. M. Ulloa-Benítez, A. Armendáriz-Guillén, B. García-Méndez, M. C. Macías-Rubalcava, M. L. (2013). Hongos Endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 16(2): 132-146.
- Santín, C. Doerr, SH. (2016). Fire effects on soils: the human dimension. *Phil. Trans. R. Soc.* 10 p.
- Shoji, S. Nanzyo, M. Dahlgren, R. (1993). Volcanic ash soils. Genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21. Elsevier Science Publ. The Netherlands. 288 p.
- SEMARNAT (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre 2002. 75 p.
- Sun, D.F., Ran, X.Q. Wang, J.F. (2008). Isolation and identification of Taxol producing endophytic fungus from *Podocarpus*. *Acta Microbiol.* 48, 589-595.

- Vargas-Batis, B. Pupo-Blanco, Y. Puertas-Arias, A. Fajardo-Rosabal, L. Viera-Tamayo, Y. (2015). Relación potencial con cultivos agrícolas de la diversidad micológica asociada a *Lippia dulcis*, *Lantana cámara* y *Cleome viscosa*. *Revista Granma Ciencia*. 19(1). 9 p.
- Vela-Correa, G. López-Blanco, J. Rodríguez-Gamiño, M. L. (2011). Descripción Morfológica de Perfiles de Suelos. Manual para trabajo en campo. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Serie Manuales. 50 p.
- Yadav, A.S., Madelin, M.F. (1968). The ecology of microfungi on decaying stems of *Urtica dioica*. *Transactions of the British Mycological Society* 51 (2): 249-259.