

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

**IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL SUELO PRESENTES EN LA
PARCELA “EL OCOTAL”**

Presentador del Servicio Social:

Fátima Monserrat Cruz Gómez

Matricula: 2153027744



Asesor Interno: Dr. David Montiel Salero

Núm. Económico: 10847

Asesor Externo: M. en C. Eva Segundo Pedraza

Cédula Profesional: 11653394

Lugar de realización: Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco.

Fecha de inicio y término: Del 13 de mayo al 13 de noviembre de 2019

ÍNDICE

RESUMEN	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Sistema Agrícola	2
2.2. Microorganismos del suelo	3
III. OBJETIVOS	7
3.1 Objetivo general	7
IV. METAS	7
V. MATERIALES Y MÉTODOS	8
5.1 Muestras de suelo	8
5.2 Determinación de Micorrizas	8
5.3 Aislamiento de bacterias fitopatógenas	9
5.4 Determinación de nematodos filiformes.....	9
5.5 Aislamiento de hongos filiformes	10
5.6 Análisis de información	10
VI. OBJETIVOS ALCANZADOS	11
6.1 Objetivo general	11
6.2 Objetivo específico	11
VII. METAS ALCANZADAS	11
VIII. ACTIVIDADES REALIZADAS	12
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
9.1 Bacterias.....	13
9.2 Nematodos	14
9.3 Micorrizas	16
9.4 Hongos filamentosos.....	17
X. CONCLUSIONES	19
XI. PERSPECTIVAS	19
XII. BIBLIOGRAFÍA	20

RESUMEN

Los microorganismos juegan un importante papel en los procesos de transformación de nutrientes en el suelo y por consiguiente su disponibilidad para las plantas. La siguiente investigación tuvo como objetivo la identificación y cuantificación de las poblaciones de microorganismos del suelo (bacterias, nematodos y hongos micorrízicos y fitopatógenos) presentes en la parcela conocida como “El Ocotal” bajo prácticas de manejo agronómico sustentable ubicada en la comunidad Vicente Guerrero. Las muestras de suelo fueron proporcionadas por el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, donde se realizaron diferentes técnicas de aislamiento, extracción y determinación, así como el reconocimiento de las principales regiones anatómicas de los microorganismos. De acuerdo con los resultados obtenidos, dentro del aislamiento bacteriano se encontró una asociación con levaduras, monococos, diplococos y bacilos; los nematodos filiformes identificados fueron clasificados en doce géneros, siendo *Helicotylenchus* el dominante; las esporas de hongos micorrízicos se clasificaron en *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*; de las cepas aisladas de hongos filiformes se encontró a los siguientes géneros: *Penicillium* que fueron clasificados como fitopatógeno de almacén; *Rhizopus* y *Mucor* como saprofitos y *Trichoderma* como antagonista. En conclusión, existe la presencia de nematodos de importancia económica asociados al cultivo del maíz como *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Tylenchus*; además, la población de nematodos degradadores es baja. Coexisten los hongos micorrízicos y los hongos filamentosos.

I. INTRODUCCIÓN

El ecosistema del suelo puede ser definido como un sistema que permite la vida interdependiente; este sistema está compuesto de aire, agua, minerales, organismos (macro, meso, microfauna) y plantas que ahí crecen (Coyne, 2000). Estos organismos pueden a su vez ser separados en flora: plantas y microflora como algas, bacterias y hongos y fauna: lombrices de tierra, ciempiés, babosas, caracoles, nematodos y microfauna como protozoarios; todos ellos tienen un papel fundamental en diversos procesos naturales llamados redes tróficas, en los que se presenta una transferencia de energía mediante el reciclaje de los nutrientes (FAO, 2002); además participan activamente en la descomposición de la materia orgánica (Montaño et al., 2010).

La manipulación del hombre modifica la autorregulación y el reciclaje de nutrientes en el suelo a su conveniencia, ya que el suelo es un recurso no renovable que se debe proteger y mantener (De Felipe, 2004). Diferentes investigadores han estudiado la actividad fisiológica de los microorganismos del suelo, seleccionando a aquellos con potencial para el uso agrícola (Ferrera y Alarcón, 2001). Sin embargo, debido a la conducta reduccionista de las investigaciones, solo se tiene conocimiento de ciertos organismos específicos y no del conjunto de comunidades microbianas que interactúan en el sistema suelo (Gliessman, 2002).

Acuña et al. (2006) indica que es necesario identificar las actividades antropogénicas en los sistemas agrícolas, mismos que favorecen las actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas, las cuales pueden jugar un papel preponderante en el estudio de indicadores de calidad y salud de los suelos.

El propósito del presente trabajo fue identificar y cuantificar a las poblaciones existentes de bacterias, nematodos, hongos filiformes y micorrizas presentes en el suelo bajo prácticas de manejo agrícola sustentable.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema Agrícola

Cuando hablamos de agricultura, nos referimos a un sistema modificado por el hombre para su beneficio. Con el tiempo, y con base en las necesidades del momento, se han ido transformando las técnicas de producción, así a pesar de la demanda de la población creciente, en la actualidad se hace indispensable también el cuidado del medio ambiente. Por tal motivo, la revolución científica dió un giro total a lo que conocíamos como Revolución Verde, dando oportunidad y apertura a las nuevas prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente (Harari, 2014).

El proceso de conversión fue de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos, a sistemas diversificados de baja intensidad, mismos que se compone de tres fases (Altieri y Nicholls, 2007):

- a) Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos internos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, malezas y suelo.
- b) Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos.
- c) Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional, que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos.

2.1.1. Antecedentes del Grupo Vicente Guerrero

El origen de la Institución se remota a los inicios de los años 80's, donde se conforman como grupo de promotores de Agricultura Sustentable, esto por la necesidad de producir más para mejorar la alimentación de las familias de Vicente Guerrero y del municipio de Españita, en Tlaxcala; con el apoyo del ecologista Tlaxcalteca Rogelio Cova Juárez, el grupo de promotores realiza una gira por Chimaltenango, Guatemala; donde reciben capacitación por promotores campesinos de ese país. A su regreso a Tlaxcala promueven e inicia trabajos de conservación de Suelos y Agua, Fruticultura y Horticultura Biointensiva en el ejido y en la parcela escolar de la comunidad de Vicente Guerrero. Logrando así el

aumento de la productividad y mejorando la calidad de su alimentación, preservando el ambiente y recuperando el suelo de zonas erosionadas para uso agrícola (GVG, 2020).

2.2. Microorganismos del suelo

Existen microorganismos que son patógenos para las plantas, ya que su subsistencia depende de ellas y microorganismos antagónicos que son capaces de desarrollarse, e inhibir tanto a esos patógenos de las plantas, como a otros con hábitos diferentes (Soria, 2016). A su vez, existen diferentes microorganismos que participan en procesos de formación como la degradación la materia orgánica, participantes en todos los ciclos elementales y fundamentales del carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y hierro entre otros, además de los simbióticos, que son capaces de asociarse con las raíces de las plantas y sobrevivir de forma paralela a las mismas (Soria, 2016).

2.2.1 Los hongos

Los hongos son organismos sexuales o asexuales, productores de esporas, generalmente microscópicos eucarióticos, ramificados y a menudo filamentosos aclorofílicos, que tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos componentes (Agrios, 2017).

Los hongos son elementos importantes en el funcionamiento y estructura trófica de los ecosistemas, especialmente a través del establecimiento de relaciones saprófitas, patogénicas, sinérgicas y simbióticas - mutualistas. Al ser componentes fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad, propician el equilibrio de los ecosistemas durante los procesos de degradación de la materia orgánica, el flujo fotosintético y retorno del carbono a la atmósfera, actuando como puentes de enlace para el flujo de energía entre el suelo y la planta (Mier et al., 2002; FAO, 2002).

De acuerdo con Mayea y colaboradores (1991); Giri y colaboradores (2005); citados por Cifuentes y Espinosa (2008). los géneros fúngicos más comunes en los suelos son los siguientes: *Acrostalagmus*, *Aspergillus*, *Acremonium*, *Botrytis*, *Cephalosporium*, *Gliocladium*, *Monilia*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Spicaria*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Pillularia*,

Cylindrocarpon, Fusarium, Absidia, Cunninghamella, Mortierella, Mucor, Rhizopus, Zygorhynchus, Pythium, Chaetomium y Rhizoctonia.

Los de actividad patogénica más importantes que causan elevadas pérdidas en frutales y hortalizas son normalmente las bacterias y hongos, sin embargo, con mayor frecuencia son especies de hongos los causantes del deterioro físico y morfológico de frutas, hojas, tallos, órganos subterráneos (raíces, tubérculos, entre otros) y productos derivados de estos, siendo las especies de Deuteromycetes de los más comunes como el caso de *Alternaria, Botrytis, Diplodia, Monilinia, Penicillium, Colletotrichum, Phomopsis, Fusarium* y dentro de los Zygomycetes *Rhizopus* y *Mucor* (FHIA, 2007) (citado por Juárez et al., 2010).

2.2.2 Micorrizas

La asociación entre hongos micorrízicos presentes en el suelo y las raíces de plantas se presenta en aproximadamente el 95% de las familias de especies vegetales terrestres. Se trata de una simbiosis mutualista prácticamente universal, porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de llevar a cabo esta asociación, sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales (Carrillo, 2015). La sociedad se presenta en casi todas las plantas existentes sobre la Tierra, por lo que se ubica en todos los ecosistemas del mundo, aunque en diferentes gradientes y latitudinales (Camargo et al., 2012). Esta asociación, le permite al simbiote vegetal captar nutrientes de zonas alejadas de la raíz, aumentar la superficie de contacto con el suelo, los cuales son alcanzados por el hongo asociado, adquiriendo especial relevancia el que macronutrientes como fósforo y nitrógeno que en ocasiones no están disponibles para la raíz, son disueltos por los hongos y desplazados lentamente por difusión de ellos mismos, hasta alcanzar a la raíz. Esta simbiosis no sólo facilita la captación de nutrientes, si no, también de agua para la planta, mejorando su relación hídrica. Adicionalmente, las micorrizas presentan un efecto antagónico confiriendo a las plantas una mayor capacidad de resistencia/tolerancia a situaciones que pueden causarles estrés, como son salinidad, sequía, contaminación y ataque de patógenos entre otros (Barea et al., 2016).

Además, es importante destacar que existen hongos que pueden encontrarse en diversos tipos de suelo y climas, teniendo un patrón de distribución mundial, lo cual indica, que están aparentemente adaptados a diversos hábitats; no obstante, los factores físicos y químicos del suelo pueden restringir su distribución. La micorríza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio), que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y colonizarlas intra e intercelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de la ectomicorríza, o como en el caso de la micorríza arbuscular, que colonizan la raíz, pero no se forma ningún manto. Las micorrizas se clasifican en: a) Ectomicorrizas, b) Micorríza arbutoide y c) Micorríza monotropoide. Por su parte, las micorrizas sin manto fúngico se han clasificado en: (a) Micorríza arbuscular, (b) Micorríza ericoide, y (c) Micorríza orquideoide, siendo las Micorrizas Arbusculares (MA) las más importantes en los sistemas agrícolas (Camargo et al., 2012).

2.2.3 Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares simples. Se conocen alrededor de 1600 especies de ellas (Agrios, 2017). La morfología bacteriana considera el tamaño, la forma o estructura y el tipo de agrupación. Algunas veces, estas características se relacionan con el género y en ocasiones con la especie huésped (Montoya, 2008).

En general las bacterias descomponen rápidamente el material orgánico que da lugar a la disponibilidad de macro y micronutrientes, especialmente N, P y S, mismos que quedan liberados e inmediatamente disponibles para la absorción por parte de un complejo de organismos. Este proceso es llamado mineralización (FAO, 2002).

Se estima que en el suelo existen miles de especies organizadas en poblaciones y comunidades oscila entre los 100 y los 2,000 millones de individuos por gramo. Se ha estimado que dichas comunidades pueden estar formadas por aproximadamente 35,000 especies de bacterias; se menciona que la mayoría de los suelos con un alto

contenido de materia orgánica, generalmente están colonizados por comunidades numerosas de microorganismos, tanto benéficos como dañinos (Ordoñez, 2017).

2.2.4 Nematodos

Los nematodos son organismos pertenecientes al reino animal, pseudocelomados, lo que taxonómicamente los hace bastante distintos de los verdaderos gusanos, tienen un aspecto vermiforme en la mayoría de los casos, ya que las hembras de ciertas especies en algunos casos sufren una metamorfosis en sus etapas reproductivas, participan como patógenos de las plantas o colaborando en la descomposición de la materia orgánica y añadiendo nutrientes a los suelos (Agrios, 2017). La intervención de los nematodos se presenta en múltiples eslabones funcionales dentro de la red trófica edáfica, lo que permite que sirvan como indicadores de numerosos procesos biológicos y ecológicos en el suelo o simplemente manifestando la presencia de vida en el mismo (Dávila, 2012).

Los nematodos edáficos pueden clasificarse fundamentalmente en cuatro grandes grupos tróficos: Micróvoros, herbívoros, omnívoros y predadores (Sánchez y Talavera, 2013).

Se han descrito más de 20,000 especies, sin embargo, se estima que a escala mundial se cuenta con hasta 100,000 a 1 millón de especies, siendo de las poblaciones con mayor número de individuos, pero con menor biomasa. Ningún otro grupo posee tantas especies no descritas y dentro de éstas se destacan las parasíticas (35 %) y de vida libre; se indica, que es posible encontrar hasta tres millones de nematodos por metro cuadrado de suelo (Sohlenius, 1985) (citado por Melo, 2011).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Identificar y cuantificar las poblaciones de microorganismos (bacterias, nematodos y hongos micorrízicos y filamentosos) presentes en suelo bajo prácticas de manejo agronómico sustentable en El Ocotal, una de las nueve parcelas existentes dentro de la comunidad Vicente Guerrero.

IV. METAS

1. Conocer y aplicar las técnicas montadas en el laboratorio de Fitopatología para la extracción de nematodos filiformes, hongos micorrízicos, el aislamiento organismos fúngicos y bacterianos presentes en el suelo y reconocer las principales regiones anatómicas de los nematodos filiformes, bacterias, hongos filiformes y micorrizas para su identificación.
2. Estudiar e implementar las principales técnicas para la extracción de nematodos y hongos micorrízicos; la técnica de aislamiento y purificación de hongos y bacterias, así como las técnicas para el montaje e identificación de las poblaciones encontradas y de las esporas micorrízicas existentes.
3. Aportar información del seguimiento a la dinámica poblacional de los microorganismos presentes en el suelo de la comunidad Vicente Guerrero.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

5.1 Muestras de suelo

En mayo de 2018 y particularmente en la parcela conocida como “El Ocotal” fue realizado un muestreo de suelo; el método de muestreo empleado fue en cinco deoros y las muestras de suelo se colectaron a una profundidad de 30 cm (Cuadro 1). Cada muestra fue geoposicionada, empaquetada y etiquetada por separado en bolsas de plástico y preservada en refrigeración a una temperatura aproximada de 4 °C hasta su análisis.

Cuadro 1. Coordenadas de los diferentes sitios de muestreo.

Punto	Latitud	Longitud
WP196	19°25'39.24"N	98°29'18.59"W
WP197	19°25'38.61"N	98°29'18.99"W
WP198	19°25'39.53"N	98°29'18.96"W
WP199	19°25'40.04"N	98°29'19.44"W
WP200	19°25'41.69"N	98°29'18.31"W

5.2 Determinación de Micorrizas

Las esporas micorrízicas fueron extraídas del suelo mediante la técnica de tamizado húmedo en gradiente de sacarosa y centrifugación (Gerdermann y Nicolson 1963) (citado por Montiel et al., 2016); montando las esporas en laminillas permanentes sobre un portaobjetos en una solución de alcohol polivinílico-lacto-glicerol (PVLG). El procedimiento se repitió nuevamente, pero ahora las esporas se colocaron sobre una solución de PVLG más solución de Melzer para provocar su cambio de color. La determinación de cada espóra se realizó con base en caracteres morfológicos como tipo hifa sustentora, número y grosor de las paredes, ornamentación y reacción a la solución de Melzer. Para el análisis se ocupó un microscopio óptico con interferencia de Nomarski. La proporción de esporas por unidad de suelo a nivel género se calculó con base en la siguiente fórmula (Montiel et al., 2016):

$$PEMG=NEG/TEM$$

Donde:

PEMG: Proporción de esporas micorrícicas por género

NEG: número de esporas micorrícicas por género

TEM: Número total de esporas micorrícicas colectadas

5.3 Aislamiento de bacterias fitopatógenas

Se pesó una muestra de 10 g de suelo y se vertió en un matraz con 90 mL de una solución de agua peptonada al 1%; después de 30 minutos en agitación constante se tomó una alícuota de 1 mL de la solución de suelo y se vertió en un tubo con 9 mL de agua peptonada al 1%; la nueva solución fue homogenizada durante un minuto y posteriormente se tomó 1 mL de dicha solución y se transfirió a un nuevo tubo con 9 mL de solución peptonada, el procedimiento anterior se repitió hasta diluir la solución cuatro veces más (Montiel et al., 2016). Para el aislamiento de las bacterias se utilizó la técnica de siembra por difusión en placa sobre medio de cultivo nutritivo Papa Dextrosa Agar (PDA). La cantidad para inocular fue de 50 μ L de la solución 10-5. La selección de colonias bacterianas se realizó con base en las características de estas; para determinar a las bacterias morfológicamente se utilizó la técnica de Tinción de Gram, tomando como base las formas bacilares típicas de bacterias fitopatógenas. Las colonias bacterianas seleccionadas fueron purificadas en medio nutritivo semiespecífico para *Pseudomonas*; una vez purificadas fueron caracterizadas de acuerdo con su color, forma, elevación, borde y tipo de colonia; así mismo se verificó si existía motilidad, solubilidad y fluorescencia.

5.4 Determinación de nematodos filiformes

Las muestras de suelo fueron procesadas con la técnica combinada de tamizado de Cobb y embudo de Baerman. Los nematodos fueron extraídos de la solución acuosa uno a uno con ayuda de un pescador y bajo un estereoscopio. Cada espécimen, fue colocado en una gota de agua de la llave, dispuesto sobre un portaobjeto para realizar su determinación a nivel de género, esto se realizó con ayuda de un microscopio compuesto de campo claro y con apoyo en claves especializadas (Montiel et al., 2016). Las características que se emplearon para la determinación del nematodo fueron, los labios, el tipo de boca, la presencia o ausencia de estilete, el bulbo medio, el porcentaje de la vulva, el anillo nervioso, la sobreposición de las glándulas esofágicas, la cutícula, la cabeza y la cola (Mai y Lyon 1975); para calcular

la proporción de nematodos filiformes por género se utilizó la siguiente fórmula (Montiel et al., 2016):

$$\text{PNG}=\text{NNG}/\text{TN}$$

Donde:

PNG: Proporción de nematodos por género

NNG: número de nematodos por género

TN: Número total de nematodos colectados

5.5 Aislamiento de hongos filiformes

Se pesó una muestra de 10 g de suelo, misma que se vertió en un matraz con 90 mL de una solución de agua peptonada al 1%; después de 30 minutos en agitación constante se tomó una alicuota de 1 mL de la solución de suelo y se vertió en un tubo con 9 mL de agua peptonada al 1%; la nueva solución fue homogenizada durante un minuto y después se tomó 1 mL de dicha solución fue transferida a un nuevo tubo con 9 mL de solución peptonada, éste procedimiento se repitió hasta diluir la solución cuatro veces más. Para el aislamiento de hongos se utilizó la técnica de siembra por difusión en placa sobre medio de cultivo nutritivo Papa Dextrosa Agar (PDA). La cantidad para inocular fue de 150 μL de la solución 10^{-5} . Las placas fueron incubadas a temperatura constante de 26 a 28 °C durante tres días. Después de tres días en incubación, cada 24 h se revisaron las colonias desarrolladas y su esporulación. La determinación se realizó mediante laminillas temporales, diferenciando con una solución de lactofenol azul de algodón al 1% con ayuda de un microscopio compuesto de campo claro y apoyo en claves especializadas (Barnett y Hunter, 1972; Montiel et al., 2016).

5.6 Análisis de información

La información obtenida fue presentada en cuadros y gráficas de barras para facilitar su descripción. Así mismo se anexaron las figuras de los diferentes especímenes encontrados.

VI. OBJETIVOS ALCANZADOS

6.1 Objetivo general

Identificación y cuantificación de poblaciones de microorganismos (bacterias, nematodos y hongos micorrízicos y fitopatógenos) presentes en suelo bajo prácticas de manejo agronómico sustentable en El Ocotál, una de las nueve parcelas existentes dentro de la comunidad Vicente Guerrero.

6.2 Objetivo específico

Cuantificación de la población de microorganismos (bacterias, nematodos y hongos micorrízicos y filamentosos) presentes en suelo bajo prácticas de manejo sustentable en la parcela El Ocotál.

VII. METAS ALCANZADAS

Dentro de las metas alcanzadas se logró:

1. El conocimiento y la aplicación de técnicas de extracción de nematodos filiformes presentes en el suelo, así como el reconocimiento de las principales regiones anatómicas de los nematodos filiformes, bacterias, hongos filiformes y micorrizas
2. El conocimiento y la implementación de las principales técnicas para la extracción de hongos y micorrizas; la técnica de aislamiento de hongos y bacterias y las técnicas para el montaje de esporas micorrízicas.
3. Se continuó dando seguimiento el en aporte de información de los microorganismos del suelo en la comunidad Vicente Guerrero.

VIII. ACTIVIDADES REALIZADAS

1. Se obtuvo el conocimiento práctico y la aplicación de técnicas de extracción para nematodos filiformes y micorrizas presentes en el suelo, así como el aislamiento de bacterias, hongos filamentosos, fitoparásitos y saprófitos.
2. Se logró la aplicación de los taxonómicos para el montaje y reconocimiento de cada microorganismo encontrado (nematodos, bacterias, hongos filamentosos y micorrízicos).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las poblaciones microbianas del suelo están inmersas en un marco de interacción que afecta o favorecen el desarrollo de las plantas y la calidad del suelo. En ellas están involucradas las actividades fundamentales que aseguran la estabilidad y productividad, tanto de los agroecosistemas como de los ecosistemas naturales con tendencia a la sustentabilidad (Pedraza et al., 2010).

9.1 Bacterias

Las colonias desarrolladas sobre el medio de cultivo PDA, fueron de color amarillo en sus diferentes tonalidades, blancas (*Pseudomonas* sp.) (Guzmán, 2007: Agrios, 2017) y translúcidas (*Corynebacterium* sp.) (Ramos, 2011); el borde de la colonia fue entero, presentaron elevación convexa, algunas de ellas con olor; con textura opaca o brillante (Figura 1).

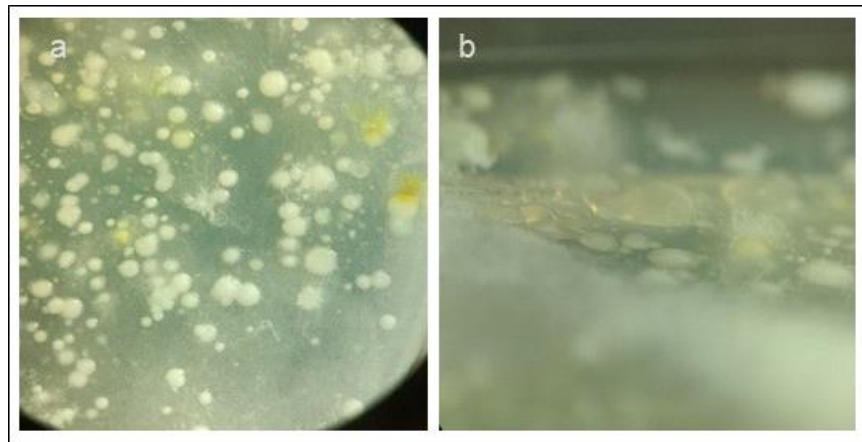


Figura 1. Aspectos comunes de diversas colonias microbianas aisladas sobre medio sólido.

De acuerdo con el tamaño de la población bacteriana por cada muestra, se identificó en cada una de estas la presencia de levaduras, monococos, diplococos, bacilos gram negativo y positivos. En las muestras WP196 y WP199 se tuvo un menor desarrollo de colonias debido al mayor crecimiento de hongos. En promedio se observaron 1.127×10^6 colonias bacterianas por cada gramo de suelo (Figura 2).



Figura 2. Número de colonias por gramo de suelo.

9.2 Nematodos

En la parcela de estudio fueron identificados 12 géneros de nematodos filiformes (*Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Belonolaimus*, *Cephalobus*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Longidorus*, *Pratylenchus*, *Rhabditis*, *Tylenchorhynchus* y *Tylenchus*) (Figura 3). La presencia de estos fue diferente en cada punto (Cuadro 3). Sin embargo, los ejemplares de los géneros *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Tylenchus* fueron identificados en los cinco puntos analizados.

De acuerdo con Robles y Pérez (2011) es necesario y vital la identificación de los nematodos y calcular su densidad poblacional, ya que existen géneros como *Pratylenchus*, *Ditylenchus* y *Meloidogyne*, los cuales son reportados como altamente agresivos (Christie, 1982; Agrios, 2006). Especies de nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son consideradas como las más importantes desde un punto de vista patogénico para el maíz (McDonald y Nicol, 2005) (citado por Lima et al., 2018).

En todos los puntos de muestreo fue identificado a *Pratylenchus* (Cuadro 3); las especies de este género son agresivas y son consideradas altamente patogénicas para el cultivo del maíz, ya que ocasionan pérdidas significativas al cultivo (McDonald y Nicol, 2005) (citado por Lima et al., 2018). González (2013) menciona que existen estudios por parte de Pimentel et al. (1980), que indican que los monocultivos del maíz pueden brindar condiciones ideales para este nematodo.

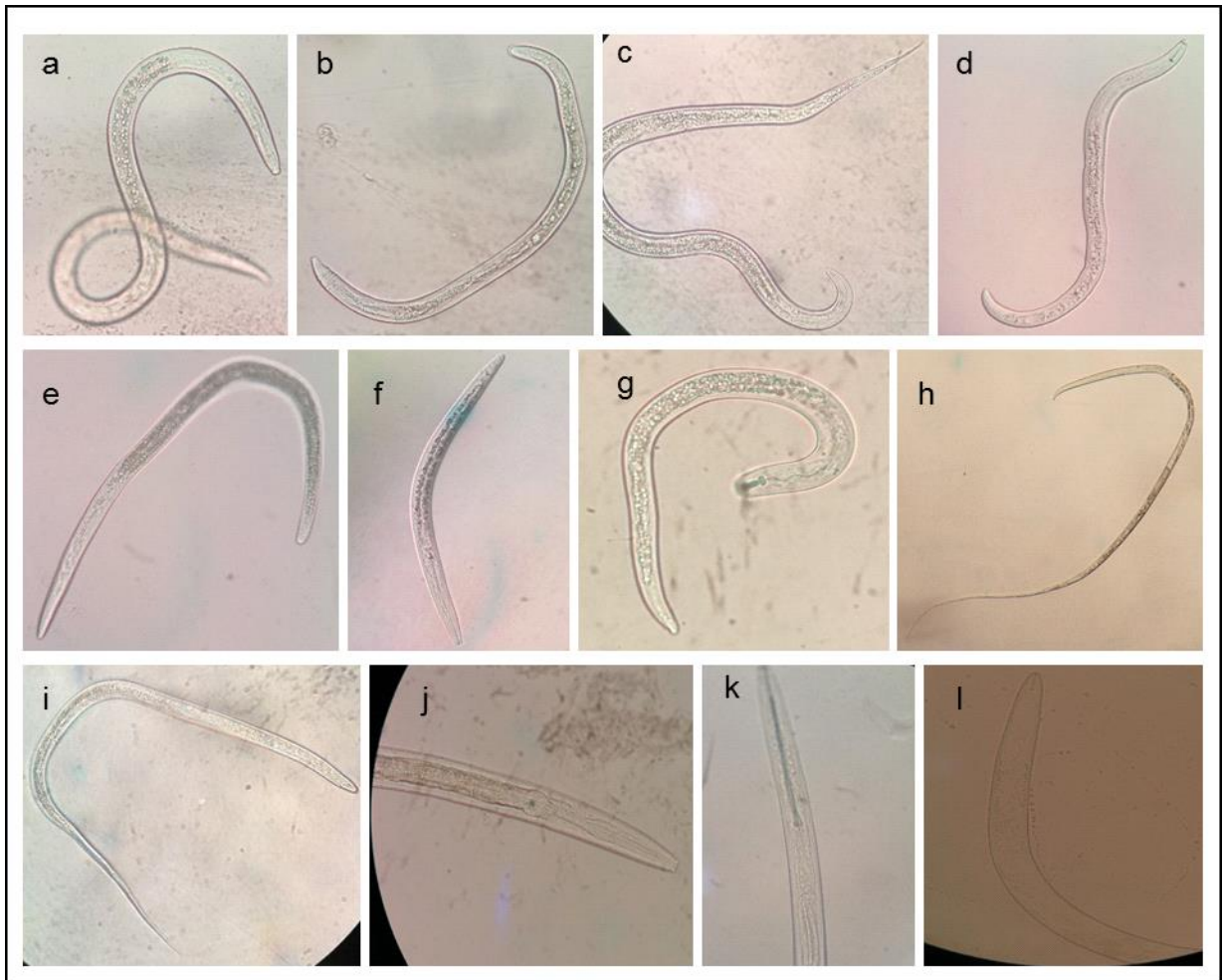


Figura 3. Nematodos identificados en las muestras analizadas: a: *Tylenchorhynchus*, b: *Aphelenchoides*, c: *Ditylenchus*, d: *Helicotylenchus*, e: *Aphelenchus*, f: *Cephalobus*, g: *Pratylenchus*, h: *Longidorus*, i: *Tylenchus*, j: *Rhabditis*, k: *Belonolaimus* y l: *Dorylaimus*.

En los puntos WP196 y WP199, el género *Helicotylenchus* fue dominante (31% y 44 % respectivamente); para el punto WP197 destacó *Ditylenchus* (27%), mientras que en el punto WP198 predominó *Pratylenchus* (50%); por último, *Dorylaimus* registró un porcentaje alto de presencia (27%) en comparación al resto de los géneros (Cuadro 3).

Con base en los hábitos alimenticios, predominaron los nematodos omnívoros (18%), en segundo orden de presencia los herbívoros (17%), los bacteriofagos (11%) y se halló un porcentaje bajo de depredadores (4%).

Cuadro 3. Frecuencia de nematodos por cada muestra analizada. Reporta en proporción

Géneros	WP196	WP197	WP198	WP199	WP200
<i>Aphelenchoides</i>	0.12			0.17	0.05
<i>Aphelenchus</i>	0.21	0.22	0.33		0.23
<i>Belonolaimus</i>			0.19		
<i>Cephalobus</i>	0.05		0.17	0.12	
<i>Ditylenchus</i>	0.15	0.27		0.18	0.05
<i>Dorylaimus</i>	0.21	0.19	0.15	0.12	0.27
<i>Helicotylenchus</i>	0.31	0.11	0.05	0.44	0.14
<i>Longidorus</i>	0.02			0.04	
<i>Pratylenchus</i>	0.07	0.09	0.50	0.12	0.05
<i>Rhabditis</i>				0.04	
<i>Tylenchorhynchus</i>		0.06		0.11	
<i>Tylenchus</i>	0.17	0.11	0.06	0.15	0.23

9.3 Micorrizas

Los géneros de hongos micorrízicos encontrados fueron determinados de acuerdo con sus principales características como pared de la espora, hifa sustentadora, escudo, ornamentación y reacción a la solución de Melzer; estos fueron clasificados dentro de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora* (Figura 4).

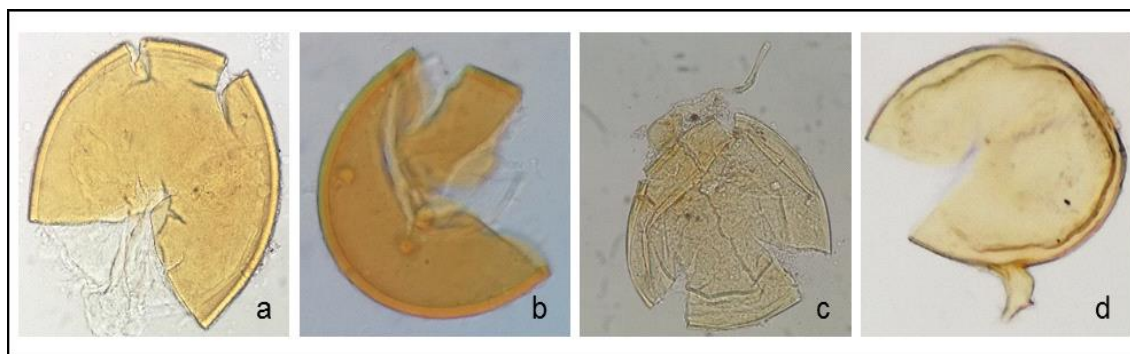


Figura 4. Esporas micorrízicas identificadas: a) *Acaulospora*, b) *Gigaspora*, c) *Scutellospora*, d) *Glomus* y e) *Entrophospora*.

El número de esporas recuperadas por cada 20.5 g de suelo fue menor a diez, encontrándose diferencias en cada punto analizado; además, los géneros *Gigaspora* y *Glomus* predominaron en general (Figura 5).

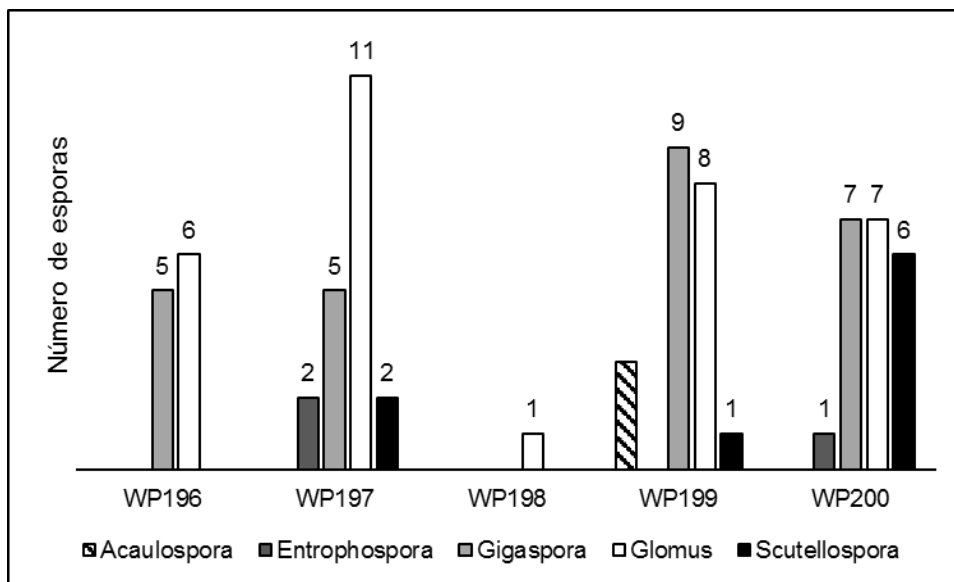


Figura 5. Número de esporas micorrízicas encontradas e identificadas por cada muestra analizada.

9.4 Hongos filamentosos

Acorde con los análisis realizados, las cepas aisladas fueron clasificadas dentro de los siguientes géneros fúngicos: *Rhizopus*, *Mucor*, pertenecientes a la Clase de los Zygomycetes, Orden Mucorales, y *Trichoderma* y *Penicillium* ambos incluidos dentro de los Deuteromycetes, Orden Hiphales (Figura 6) (Agrios, 2006). En los aislamientos a partir de las muestras WP 196 y WP199, el crecimiento fúngico fue vegetativo o somático, por lo que no se encontraron estructuras de reproducción sexual o asexual.

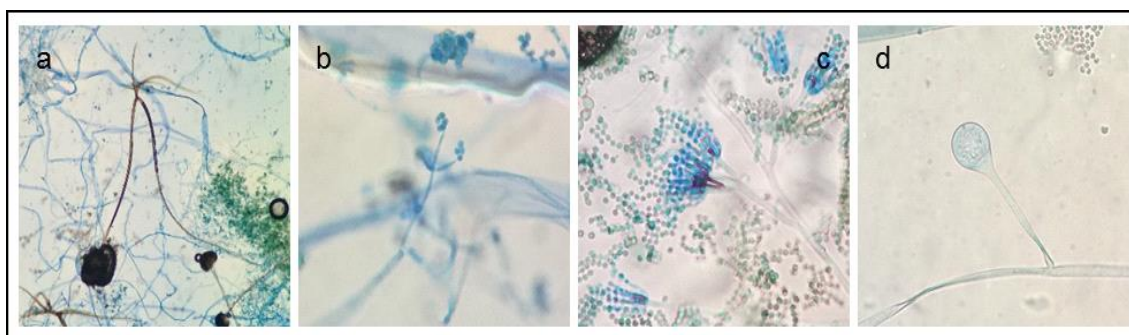


Figura 6. Hongos fitopatógenos identificados: a) *Rhizopus*, b) *Trichoderma*, c) *Penicillium* y d) *Mucor*.

Los hongos filamentosos encontrados son de gran importancia en los sistemas agrícolas, siendo el género *Penicillium*, un patógeno activo y de gran importancia en granos almacenados de maíz, de otros cereales y hortalizas, pero no en campo y de acuerdo con Juárez et al. (2010) provoca elevadas pérdidas en la producción;

Rhizopus y *Mucor* son Zygomycetes llamados también hongos del suelo o mohos del pan, los cuales tienen una alta capacidad degradativa y son indicadores importantes de presencia de materia orgánica en el suelo; así mismo *Trichoderma* es también un género de relevancia, ya que por su capacidad antagónica mantiene el equilibrio de diversas cepas inhibiendo la capacidad reproductiva de cepas fúngicas con actividad patogénica para las plantas (Agrios, 2017).

X. CONCLUSIONES

En el suelo de la parcela ubicada en la zona conocida como El Ocotal se registró lo siguiente:

1. Existen nematodos filiformes, de entre ellos destacan *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Tylenchus*. Los tres últimos de importancia económica en el cultivo de maíz.
2. La población de nematodos herbívoros y omnívoros está en equilibrio
3. La población de nematodos depredadores es baja.
4. Existe la presencia de cinco géneros micorrícicos, predominando las esporas de los géneros *Gigaspora* y *Glomus*.
5. Con relación a los hongos filamentosos, fueron determinadas cepas de *Penicillium*, clasificadas como contaminantes de grano en almacén, con acción degradadora *Rhizopus* y *Mucor* y con capacidad antagónica *Trichoderma*.

XI. PERSPECTIVAS

Es necesario modificar los protocolos de aislamiento de hongos filamentosos y bacterias del suelo; o bien implementar técnicas moleculares que faciliten la descripción de comunidades microbianas a partir de muestras de suelo.

Con la intención de apoyar a los productores de este sitio podrían implementarse técnicas para el aislamiento de microorganismos antagonistas y promotores del crecimiento vegetal.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña O., Peña W. y Serrano E. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. *Acorbat*, 222-233. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/289383791_La_importancia_de_los_microorganismos_en_la_calidad_y_salud_de_los_Suelos
- Agrios, G. 2017. *Fitopatología*; 2a edición, Limusa, México. Pp. 273-532-734.
- Altieri M. y Nicholls C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3-12. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>
- Barea, J., Pozo, M., Azcón, C. 2016. Significado y aplicación de las Micorrizas en agricultura. *Editorial Agrícola*, 746-750. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <https://www2.eez.csic.es/pozo/Agricultura-divulgacion%20micorrizas.pdf>
- Barnett, H.L. y Hunter, H.H. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Burgess Publishing Company. Third Edition. Minneapolis. 241 pp.
- Camargo, S., Montaña, N., De la Rosa, C. y Montaña, S. (2012). Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*, 13(7), 1-19. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- Carrillo, L. (2015). Micorrizas para principiantes. Desde el Herbario CICY, 7, 176–179. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-11-19-Carrillo-Sanchez-Micorrizas-para-principiantes.pdf
- Cifuentes, E. y Espinosa, P. (2008). Aislamiento e Identificación De Hongos Filamentosos de Muestras de Suelo de los Páramos de Guasca y Cruz Verde. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis226.pdf>
- Coyne, M. 2000. *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Paraninfo. España. 416 pp.
- Christie J. 1982. *Nematodos de los vegetales: su ecología y control*. Editorial Limusa, México. 276 p.
- Dávila, M. (2012). Nemátodos: su importancia en el suelo. Foro: Proyecto Investigación Composta. Recuperado 29 de enero de 2019, de: http://www.uprutuado.edu/sites/default/files/documents/academicos/proyectos/pp_nematodos_davila_composta_opt.pdf
- De Felipe, Ma. (2004). Interacciones microorganismos-suelo-planta en la preservación del Medio Ambiente y la Salud. *An. R. Acad. Nac. Farm*, 70(3). 743-776. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <http://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/view/247/276>

- FAO (2002). Agricultura de conservación. Estudio de casos en América Latina y África. Recuperado 27 de enero de 2019, de: http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E_s.pdf
- Ferrera R. y Alarcón A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*, 8(2), 175-183. Recuperado 27 de enero de 2019, de: <https://www.redalyc.org/pdf/104/10402108.pdf>
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, GTZ, UCSC, Gob. de Tabasco, Protrópico, Maela, Uay, Agruco. Costa Rica. 359 pp.
- González, U. (2013). Diversidad de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz en el municipio de Guasave, Sinaloa. (Tesis). Instituto Politécnico Nacional. Recuperado 06 de octubre de 2020, de: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13160/1/Ulises%20Gonzalez%20Guitron..pdf>
- Guzmán, R.L.N.L. 2007. Presencia de bacterias fitopatógenas en hortalizas y su relación con la inocuidad alimentaria. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana Universidad Veracruzana Instituto de Ciencias Básicas. Xalapa, Veracruz. México.
- GVG. (2020). Nosotros. Recuperado 17 de marzo de 2020, de Grupo Vicente Guerrero Sitio web: <https://gvgtlaxcala.org/nosotros/>
- Harari Y. N. (2014). De animales a dioses: Breve historia de la humanidad. Madrid. Editorial DEBATE.
- Juárez-Becerra, G., Sosa-Morales, M.E. y López-Malo, A. (2010). Hongos Fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. Fundación Universidad de las Américas Puebla, Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla. Recuperado 06 de octubre de 2020, de: <https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TsIA-4%282%29-Juarez-Becerra-et-al-2010.pdf>
- León, D. (2006). Evaluación y caracterización de Micorrizas arbusculares asociadas a yuca (*Manihot esculenta* sp) en dos regiones de la amazonia colombiana. (Tesis). Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis296.pdf>
- Lima, I., Bravo, R. y Aguilar, M. (2018). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) en las regiones de Puno y Cusco. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno 1 Perú. Recuperado 06 de octubre de 2020, de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000100004
- Mai, W.F. y Lyon, H.H. 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Fourth edition. New York. 219 pp.
- Melo, E. (2011). Biodiversidad de nematodos en suelos de ambientes cultivado, ecotono y bosque prístino y su potencial para controlar chisas (Coleoptera:

- Melolonthidae). Universidad de las fuerzas armadas, Ecuador. (Tesis de maestría). Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/7515/T-ESPE-047405.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mier, T., Toriello, C. y Ulloa, M. (2002). Hongos microscópicos saprobios y parásitos. México. Editorial Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <https://books.google.com.pe/books?id=UD30RosdJSEC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Montaño N., Sandoval A., Camargo S y Sánchez J. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. Elementos, 77: 15-23.
- Montiel S. D., Ruiz J. D., Olivares O. J. L. y Segundo P. E. (2016). Guía práctica para el diagnóstico de microorganismos de interés agrícola. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Ciudad de México. 85 pp.
- Montoya, H. (2008). Microbiología básica para el área de la salud y afines. Colombia, Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <https://books.google.com.mx/books?id=5RjS6B0X5RgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Ordoñez, S. (2017). Diversidad de las comunidades de bacterias y hongos en suelos de cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arábica*) bajo manejo orgánico y convencional. Universidad de Cuenca, Ecuador. (Tesis). Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27208/1/Tesis%20Liliana%20Ordo%C3%B1ez.pdf>
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V. y Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. (Revisión). Recuperado 08 de octubre de 2020, de: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029007.pdf>
- Pimentel, D., Andow, D., Dyson-Hudson, R., Gallahan, D. y Vinzant, B. (1980). Environmental and social costs of pesticides: a preliminary assessment. *Oikos* 34: 127-140.
- Ramos, P.V. 2011. Desarrollo de un proceso biotecnológico a partir de extractos bacterianos para el control de bacterias fitopatógenas. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Robles, J. y Pérez, L. (2011). Densidad Poblacional de Nematodos Fitoparásitos en Suelo de Irapuato, Guanajuato. *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 29, núm. 2, pp. 172-174.

- Sánchez, S. y Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Ecosistemas*, 22(1), 50-55. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/765>
- Soria, M. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? *QuímicaViva*, 15(2), 3-10. Recuperado 01 de febrero de 2019, de: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86347590002.pdf>