

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

Evaluación de las poblaciones de microorganismos presentes, en un suelo bajo un sistema convencional en el municipio de Calpulalpan, comunidad de Benito Juárez, estado de Tlaxcala

Presentador de Servicio Social

Gaytán Smith Ana Gabriela

Matrícula: 2153025115



Asesor Interno

Dr. David Montiel Salero

No. Económico: 10847

Asesor Externo

M. en C. Eva Segundo Pedraza

Cédula Profesional: 8111730

Sitio de realización: Laboratorio de fitopatología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Fecha de inicio y término: 13 de mayo de 2019 a 13 de noviembre de 2019

ÍNDICE

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 Agricultura convencional.....	3
3.2 Los recursos microbiológicos como indicador de calidad de suelo.....	3
3.2.1. Hongos Micorrízicos Arbusculares.....	4
3.2.2. Nematodos	5
3.2.3 Bacterias.....	6
IV. OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo general.....	7
4.2 Objetivo específico	7
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
5.1 Sitio de Estudio.....	7
5.3 Determinación de Micorrizas	8
5.4 Aislamiento de bacterias.....	8
5.5 Extracción e identificación de nematodos.....	9
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS	9
VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADA.....	10
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
1. Micorrizas	10
2. Nematodos	11
3. Bacterias.....	13
VIII. CONCLUSIONES.....	14
IX. RECOMENDACIONES	15

X. BIBLIOGRAFÍA.....	15
XI. ANEXOS	18
Anexo 1.....	18

I. RESUMEN

La actividad microbiana del suelo, y sus beneficios sobre éste, es fuertemente impactada por las prácticas agrícolas intensivas no sostenibles y las condiciones climáticas, a través de modificaciones de las características del suelo a nivel físico, químico y biológico. La presente investigación tuvo como objetivo obtener un diagnóstico de la diversidad y abundancia de microorganismos (micorrizas, nematodos, y bacterias) presentes en suelo de un sistema agrícola bajo manejo convencional en la comunidad de Benito Juárez, municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala, el cual es generalmente sembrado con maíz a manera de monocultivo. El sitio predio es un terreno plano y que cuenta con riego. Para obtener las muestras de suelo rizosférico se empleó el método en cinco de oros y fueron analizadas en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, donde se realizaron diferentes técnicas de aislamiento, extracción y determinación de los agentes antes expuestos. Los resultados obtenidos muestran que los géneros dominantes fueron *Glomus* y *Gigaspora* para micorrizas, *Pseudomonas* para bacterias y *Pratylenchus* en nematodos. Se observó que los organismos considerados como benéficos han sido afectados ampliamente y que predominan los fitoparásitos por la resistencia creada y algunos simbiosistas que persisten porque el cultivo de maíz es altamente micorrizable.

II. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico que influye de manera directa en la producción agrícola, mismo que con sus diversas funciones, mantienen el balance de la vida en el planeta, debido a su compleja composición física, química y biológica, así como las innumerables interacciones que se suceden entre ellos (Vallejo, 2013).

En un ecosistema como lo es un sistema agrícola, la pronta respuesta de los procesos microbianos y de la estructura de comunidades a las alteraciones físicas, químicas y biológicas que se lleven a cabo, van constituyendo un aspecto central de la calidad del suelo y de la propia comunidad (García, 2011). La calidad ambiental y productividad sostenida de los agrosistemas, están relacionados directamente con el mantenimiento de la biomasa microbiana del suelo, la cual está fuertemente influenciada por el manejo (Vidal *et al.*, 1997).

Griffiths *et al.* (2001) indican que el mantenimiento microbiológico de los suelos se considera como una característica clave de la producción sostenible, ya que ésta asegura las funciones básicas del ecosistema, tales como los ciclos de los nutrientes y la estructura del suelo, entre otros, manteniendo la diversidad microbiológica, que es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración asegurando su estabilidad funcional.

Por otra parte, Griffiths *et al.* (2001) mencionan también que los indicadores biológicos que pueden ser usados para cuantificar la salud del suelo son: a) la composición de especies y b) la biomasa o biodiversidad. Vallejo (2013) señala que se ha demostrado en diversos estudios, que los microorganismos presentan una elevada sensibilidad a los disturbios antropogénicos como el manejo del suelo, respondiendo estos, en escalas de tiempo mucho más cortas en comparación con los indicadores físicos o químicos, lo cual los convierte en indicadores clave de la calidad del suelo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Agricultura convencional

“El comienzo de la agricultura está asociado a una serie de transformaciones, fundamentadas bajo el concepto de producir. La agricultura ha pasado por varias revoluciones agrícolas, dirigidas a disminuir las limitaciones del medio ambiente y la necesidad de trabajar” (Gómez C.N. *et al.* 2018). La agricultura convencional o moderna desde los años 50 a priorizado un modelo tecnológico basado en el uso intensivo de la mecanización, los fertilizantes minerales de alta solubilidad y pesticidas, los cuales han causado grandes impactos ambientales (Rosset, *et al.*, 2014).

La agricultura se encuentra en un proceso continuo de modernización, a través de la incorporación de las nuevas tecnologías, donde se ha ido observando riesgos potenciales al ambiente, los cuales son causados principalmente por prácticas inadecuadas de manejo del suelo y los cultivos (Rosset, *et al.*, 2014). El sistema de la agricultura convencional se considera dependiente de insumos externos, que cuando se utilizan de forma inapropiada causa la contaminación de suelos, agua y aire. Uno de los principales problemas, es el impacto directo que se tiene sobre la biota existente en los suelos (Rosset, *et al.*, 2014).

3.2 Los recursos microbiológicos como indicador de calidad de suelo

La calidad del suelo está definida como la “capacidad del suelo para funcionar” y se evalúa analizando las diferentes propiedades que posee éste de manera natural (física, química y biológica). El suelo es un sistema vivo y dinámico, del que resulta necesario evaluar su calidad para determinar su sustentabilidad a corto y largo plazo (Vallejo, 2013).

La pérdida de calidad del suelo está ampliamente relacionada con las funciones que realizan los microorganismos edáficos. Las propiedades biológicas tienen la ventaja de actuar como señales tempranas de degradación de las comunidades o de mejoramiento mediante el aumento de la diversidad en el suelo, es por eso que los microorganismos se consideran los indicadores más sensibles y útiles, ya que

proporcionan una rápida respuesta a los cambios existentes o provocados por el manejo del suelo o de los factores que lo afecten, por lo que se vuelve ideal realizar el análisis de sus poblaciones y comportamiento de la comunidad en general de ser posible (Vallejo, 2013).

3.2.1. Hongos Micorrízicos Arbusculares

Los Hongos y en particular los Micorrizógenos Arbusculares (HMA) se agrupan en el Phylum Glomeromycota, son microorganismos del suelo, que generalmente llevan a cabo una simbiosis mutualista e interacción con el 80% de las plantas terrestres, transformándolas en un componente biológico emergente, mediante la asociación e importancia de la misma para la productividad de los ecosistemas (Méndez, *et al.*, 2015). Esta simbiosis ha demostrado que generalmente tiene efectos benéficos, como el mejoramiento de la nutrición, aprovechamiento de agua, ayuda en la adaptación de las plantas a diversos factores de estrés y su contribución antagonica contra agentes patogénicos (López *et al.*, 2015).

De los factores en que mayor influencia tienen los HMA, es sobre la dinámica de las comunidades vegetales por la abundancia de su asociación, donde algunas de las limitantes de su desarrollo, son las prácticas agrícolas como; el laboreo de los suelos, los periodos prolongados de barbecho. Estos procesos perturban el comportamiento natural de las comunidades de HMA existentes en el suelo y que presentan afectaciones en su desarrollo, debido a los cambios físicos que se provocan en las propiedades del mismo suelo, mismas que tiene un impacto directo sobre los HMA, lo que puede acarrear una reducción de su función y diversidad. “Desde la perspectiva de una producción agrícola sostenible, es importante conocer la forma en la que se ve afectada la efectividad de la asociación hongo-planta por los sistemas de labranza” (Marrero *et al.*, 2008). De acuerdo con Jansa *et al.* (2002) aparentemente no existen diferencias significativas en la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) expuestos a diferentes labranzas, pero si en la capacidad de esporulación de algunas especies de la comunidad de HMA que habitan en el suelo.

3.2.2. Nematodos

Los nematodos edáficos son organismos de importancia ecológica y económica, que también pueden ser utilizados como indicadores biológicos, debido a que se encuentran distribuidos de manera diferenciada en el suelo y persisten de acuerdo con el grado de conservación de este, por lo que las prácticas agrícolas los vuelven vulnerables (Sánchez y Talavera, 2013). “Los nematodos edáficos pueden clasificarse fundamentalmente en cuatro grandes grupos tróficos. I) Micróvoros, los cuales se alimentan de hongos y bacterias; II) Herbívoros, que se alimentan de las raíces de las plantas; III y IV) Omnívoros y Depredadores, que se alimentan de otros organismos edáficos (incluida parte de la comunidad de los propios nematodos) y pueden ser importantes en la supresión de especies plaga o invasoras, de ahí el valor de su presencia como parte de la comunidad, ya que éstos dan equilibrio a la misma. Con base en sus hábitos alimenticios, los nematodos pueden presentar estiletes para picar y succionar la sabia de las plantas o pequeños dentículos para sujetarse a la presa y succionar su contenido orgánico, que lo que utilizan como alimento. Son en general más sensibles a las perturbaciones provocadas por las prácticas agrícolas, pero también a las ambientales como la sequía, falta de plantas hospederas e inundaciones entre otras (Sánchez y Talavera, 2013).

Los nematodos son los organismos multicelulares más abundantes en los agrosistemas, se encuentran en densidades superiores a 300 millones m^2 aunque también son los de menor biomasa; las especies fitopatógenas miden entre 300 a 1000 μm de longitud, siendo algunos mayores a 4 μm por 15 a 35 μm de ancho. En general tienen forma anguila (cilíndrica) (sólo algunas hembras en etapas adultas sufren metamorfosis, adquiriendo una forma globosa al actuar como sacos que contienen a los huevecillos y al corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos translucidos, lisos no segmentados (anulados) y carecen de apéndices (Agrios, 2017).

El ciclo vital de la mayoría de los nematodos fitopatógenos transcurre en el suelo, sólo algunos habitan sobre la superficie de las hojas (ectoparásitos) o viviendo y alimentándose dentro de las raíces o los tallos subterráneos (endoparásitos y semiendoparásitos). Los nematodos aparecen con mayor abundancia en la

rizósfera a nivel de la capa arable del suelo, comprendido entre 15 y 30 cm de profundidad (Montiel *et al.*, 2016).

3.2.3 Bacterias

La cantidad de bacterias que se pueden encontrar en el suelo depende de factores diversos como son: la época del año, el tipo de suelo, la vegetación, el contenido de materia orgánica, la humedad, el tipo de labranza y la fertilización (Calvo *et al.*, 2008).

Las bacterias son microorganismos unicelulares, simples, procariotas, de los que se conocen aproximadamente 1600 especies. La mayoría son saprofitas estrictas que ayudan a la degradación de materia orgánica. Las bacterias pueden tener forma de bastón (bacilos) o esféricas. Algunas se desplazan por medio de flagelos, otras son estáticas y se reproducen por fisión simple principalmente o por procesos llamados parasexuales por la recombinación de genes, como son la conjugación, transducción, mutación y transformación entre otras (Agrios, 2017).

Por su alta capacidad de reproducción en corto plazo y los cambios químicos y biológicos que provoca en su ambiente, las bacterias adquieren relevancia biológica, siendo éste un factor clave en el degradación de materia orgánica y el aumento de la fertilidad en los suelos, así como el desarrollo de bacterias que provocan enfermedades en las plantas, a las que se les denominan fitopatógenas. Existen bacterias que la capacidad de desarrollarse como organismos facultativos que actúan como parásitas en las plantas hospederas y parcialmente actúan en el suelo como saprofitas (Agrios, 2017).

Las enfermedades producidas por bacterias fitopatógenas pueden ser variadas. Algunas de las bacterias de mayor importancia por el daño y pérdidas ocasionadas son los géneros: *Pseudomona*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Xylella*, *Xanthomonas* y *Erwinia* entre otras, estas bacterias fitopatógenas provocan patologías variadas, algunos síntomas son: clorosis, marchitez, pudriciones y manchas, foliares, alteración vascular, muerte regresiva, caída de hojas, chancros y gomosis entre otras y signos como; agallas, antracnosis, deformación foliar,

tumores, malformaciones, manchas anulares y ennegrecimiento de las nervaduras entre otros (Ormeño, 2023).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Obtener un diagnóstico de la diversidad y abundancia de microorganismos (micorrizas, nematodos, y bacterias) presentes en el suelo de un sistema agrícola bajo manejo convencional en la comunidad de Benito Juárez, Tlaxcala.

4.2 Objetivo específico

Identificar y cuantificar la población de microorganismos presentes en suelo bajo un sistema agrícola de manejo convencional, en la comunidad de Benito Juárez, Tlaxcala.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

5.1 Sitio de Estudio

El predio del Pozo se ubica en el municipio de Calpulalpan, en la comunidad de Benito Juárez, en el estado de Tlaxcala, ubicada en las coordenadas LN 19°35'47.3" y LW 98°25'34.8" y a una altura de 2 542 msnm (Google Maps, 2019).

5.2 Muestreo

El predio del Pozo es generalmente sembrado con maíz, a manera de monocultivo, es un terreno plano y que cuenta con riego. Para obtener las muestras de suelo rizosférico se empleó el método en cinco de oros, las muestras se obtuvieron con ayuda de una pala plana a una profundidad de 30 cm, colectando aproximadamente

1 Kg de suelo y colocándolo por separado en bolsas de polietileno, mismas que fueron etiquetadas y preservadas en refrigeración a 4 °C hasta su análisis.

5.3 Determinación de Micorrizas

Para la extracción e identificación de esporas micorrízicas, se utilizó la técnica de tamizado húmedo en gradientes de sacarosa con seis lavados (Montiel *et al.*, 2016). Posteriormente se realizó el montaje de esporas micorrízicas en PVLG. La proporción de esporas por unidad de suelo a nivel género se calculó con la siguiente fórmula (Montiel *et al.*, 2016):

$$\text{PEMG} = \text{NEG} / \text{TEM}$$

Donde:

PEMG: Proporción de esporas micorrízicas por género

NEG: número de esporas micorrízicas por género

TEM: Número total de esporas micorrízicas colectadas

5.4 Aislamiento de bacterias

Para el aislamiento de bacterias se pesó una muestra de suelo de 10 g y se vertió en un matraz con 90 mL que contenía una solución de agua peptonada al 1%; después de 30 minutos en agitación constante se tomó una 1 mL de la solución de suelo y se vertió en un tubo con 9 mL de agua peptonada al 1% ; la nueva solución se homogenizó durante un minuto y posteriormente se tomó 1 mL de dicha solución y transfirió a un nuevo tubo con 9 mL de solución peptonada y se repitió el procedimiento anterior hasta diluir la solución cuatro veces más (Montiel *et al.*, 2016). Para el aislamiento de las bacterias se ocupó la técnica de siembra por difusión en placa sobre medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). La cantidad a inoculada fue de 150 μL de la solución diluida 10^{-5} (Montiel *et al.*, 2016). La selección de colonias bacterianas se realizó con base en sus características particulares y por eliminación; para determinación morfológica e individual, se utilizó la técnica de Tinción de Gram y con base en ello, se determinaron las formas bacilares típicas de las bacterias fitopatógenas. Las colonias bacterianas seleccionadas fueron purificadas en un medio semiselectivo para *Pseudomonas*; una vez purificadas las colonias, se caracterizaron de acuerdo con su color, forma y tipo de colonia; así

mismo se verifico la existencia de motilidad, solubilidad y fluorescencia con ayuda de ayuda de un microscopio compuesto de campo claro y una lámpara de fluorescencia (Montiel *et al.*, 2016).

5.5 Extracción e identificación de nematodos

La extracción de nematodos filiformes se realizó aplicando la técnica combinada de tamizado de Cobb y embudo de Baermann (Montiel *et al.*, 2016).

Después de la extracción de los nematodos, se implementó su pesca bajo un estereomicroscopio, y pescando uno a uno los nematodos extraídos en la solución de suelo procesada, cada individuo se colocó dentro de una gota de agua de la llave depositada sobre un portaobjeto y con base en sus estructuras morfológicas los especímenes se identificaron a nivel de género con ayuda de un microscopio compuesto con objetivos de 4, 10 y 40 X. Después del registro genérico, se determinó el cálculo de la población de nematodos encontrada con base en la siguiente formula (Montiel *et al.*, 2016).

$$PNG = NNG / TN$$

Donde:

NG: Proporción de nematodos por género

NNG: número de nematodos por género

TN: Número total de nematodos colectados

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS

Para efectuar el presente trabajo se realizaron las siguientes actividades:

1. Ubicación de un sitio con agricultura convencional.
2. Muestreo representativo en el sitio de trabajo.
3. Extracción y aislamiento en laboratorio de los microorganismos determinados (nematodos, esporas micorrízicas y bacterias).
4. Montaje de microorganismos
5. Identificación de microorganismos
6. Redacción de informe final

VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADA

- Se logró realizar el muestreo de suelo rizosférico en el predio El Pozo, en el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala.
- Se logró el aislamiento e identificación de las bacterias presentes en el predio. El Pozo, en el municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala.
- Se logró la extracción y montaje de las esporas micorrízicas presentes en el predio El Pozo, en el municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala.
- Se logró la extracción y montaje de los nematodos presentes en el predio El Pozo, en el municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala.
- Se logró la evaluación de cada una de las comunidades.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad del suelo en un sistema agrícola se encuentra interrelacionada con las comunidades microbianas presentes, por ello es importante conocer cómo influyen las alteraciones de un sistema convencional en las comunidades (García, 2011).

De acuerdo con los análisis realizados se desglosan los resultados obtenidos en este trabajo.

1. Micorrizas

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 1) la mayor cantidad de esporas micorrízicas encontradas pertenecen a los géneros *Gigaspora* (42 %) y *Glomus* (38 %) que representan el 80% de la población total encontrada. González y Rodríguez (2019) mencionan que el género *Glomus* posee la capacidad para adaptarse a diferentes condiciones edáficas, así como de establecer relaciones simbióticas con una amplia variedad de especies cultivadas, siendo el cultivo de maíz uno de los principales. Castillo et al. (2014) comparten que el género *Gigaspora* responde mejor a las perturbaciones del su entorno, apoyada principalmente en el tamaño de sus esporas, al ser grandes (200 a 600 μm) y contener una mayor capacidad

nutritiva. También se observó que el género *Entrophospora* mostró la menor población, representada por sólo el 1% de la población total, sin embargo, de igual forma que los géneros *Scutellospora* (13 %) y *Acaulospora* (5 %) persisten en el predio a pesar de las condiciones de perturbación. Los resultados obtenidos indican que por las características de los géneros *Gigaspora* y *Glomus*, es explicable que se encuentren en mayor proporción en éste ambiente, mientras que el *Entrophospora* puede ser la más sensible a las perturbaciones del suelo (Silva et al., 2025). En este trabajo solo se realizó la clasificación morfológica de HMA a nivel de género. Sin embargo, es recomendable determinar los porcentajes de colonización de cada uno de ellos, y con apoyo en estudios moleculares, lograr la identificación de las especies existentes y con ello tener una referencia clara de su comportamiento.

Cuadro 1. Porcentaje de géneros micorrízicos presentes suelo del Predio El Pozo.

Géneros	Porcentaje (%)
<i>Acaulospora</i>	05
<i>Gigaspora</i>	42
<i>Glomus</i>	38
<i>Entrophospora</i>	01
<i>Scutellospora</i>	13

2. Nematodos

Respecto a los hábitos de los nematodos encontrados en el predio El Pozo (Cuadro 2), se encontró que prácticamente el 95.7 % fue de población nociva para las plantas y de 4.2 % de nematodos benéficos como depredadores y descomponedores, ésto indica que existe un gran desequilibrio en la biota del predio, consecuencia de la agricultura convencional practicada, lo que es indicativo de que las poblaciones patógenas crearon resistencia y que las prácticas implementadas con nematicidas están afectando principalmente a las poblaciones que participan en la degradación de la materia orgánica y depredadoras de poblaciones nocivas.

Cuadro 2. Relación de hábitos alimenticios de los nematodos del suelo del predio El Pozo.

Hábitos alimenticios	Porcentajes (%)
Saprófitos	4.3
Fitoparásitos	95.7

Con relación a la comunidad de los nematodos encontrados en general (Cuadro 3), se observó que el mayor porcentaje 76.6 %, correspondió a la población del género *Pratylenchus*, los cuales están identificados como nematodos fitopatógenos de alto riesgo, ya que independientemente de alimentarse de las plantas, también les generan una gran cantidad de lesiones en las raíces, acción que provoca que otros agentes oportunistas se manifiesten (Sandoval-Ruiz et al., 2023). Es posible que con la implementación de la agricultura convencional, existe la probabilidad de una mayor dispersión de nematodos fitopatógenos, mediante la maquinaria y los equipos agrícolas utilizados. El resto de los nematodos identificados son intrascendentes, por presentar poblaciones bajas, pero es necesario su monito periódico y conocer su dinámica poblacional para evitar riesgos (Agrios, 2017). Con este trabajo se confirma la presencia de nematodos fitopatógenos en suelo del predio El Pozo, el auge de las poblaciones fitoparásitas y desfavorecimiento de las poblaciones de nematodos que benefician a la naturaleza y los suelos agrícolas.

Cuadro 3. Porcentajes de nematodos existentes en suelo del predio El Pozo.

Géneros	Porcentajes (%)
<i>Aphelenchoides</i>	5.2
<i>Aphelenchus</i>	4.5
<i>Ditylenchus</i>	1.8
<i>Dorylaimus</i>	3.4
<i>Mononchus</i>	1.6
<i>Plectus</i>	2.7
<i>Pratylenchus</i>	76.6
<i>Tylenchorhynchus</i>	0.5
<i>Tylenchus</i>	3.6

3. Bacterias

De la bacterias existentes en el predio El Pozo (Cuadro 4), se encontró que la mayoría son fitopatógenas con un 80 % y de las bacterias que tienen actividad degradadora sólo se encontraron en un 20 %, esto posiblemente provocado por la falta de materia orgánica en el suelo y a la alta residualidad de los plaguicidas empleados con regularidad, sin embargo, las bacterias fitopatógenas también han creado resistencia debido a la presencia del monocultivo (Anexo 1).

Cuadro. 4. **Relación del comportamiento de las bacterias en el suelo del predio El Pozo.**

Comportamiento	Porcentaje (%)
Descomponedoras	20
Fitopatógenas	80

Se pudo encontrar que las bacterias del género *Pseudomonas* fueron las predominantes con un 30 %, Agrios (2017) destaca que estas son bacterias que persisten en el suelo, debido a que se establecen en los tejidos internos de las plantas, y que por ser facultativas permanecer durante largos periodos de tiempo en el suelo. Sin embargo, algunas especies llegan a ser catalogadas como benéficas (Sánchez y Guerra, 2022).

Es posible que todos los géneros encontrados tengan cierta responsabilidad, sería necesario realizar un análisis mediante los postulados de Koch, su relación y evaluación con base en los síntomas y signos observados en las plantas, tales como marchitamientos, tizones, manchas, pudriciones, agallas y cancos, entre otros (Agrios 2017).

El género menos representativo en este suelo fue *Bacillus*, éste es un género identificado como benéfico en desarrollo de algunos cultivos (González y Carrillo, 2021).

Cuadro 4. Géneros de bacterias encontrados en suelo El Pozo.

Géneros	Porcentajes (%)
<i>Xanthomonas</i>	20
<i>Clavibacter</i> .	10
<i>Pseudomona</i>	30
<i>Streptomyces</i>	10
<i>Bacillus</i>	10
<i>Mycobacterium</i>	10
<i>Erwinia</i>	10

VIII. CONCLUSIONES

La evaluación de las poblaciones microbianas existentes en el suelo del predio El Pozo, demuestra la diversidad de microorganismos fitopatógenos presentes como *Pratylenchus* en nematodos, géneros *Pseudomonas* en bacterias y la mayor abundancia de estos, así como la menor proporción de microorganismos benéficos como es el caso de algunos nematodos (*Mononchus* y *Plectus*), bacterias (*Bacillus*) y de agentes micorrízicos como los géneros *Glomus* y *Gigaspora*, quienes tienen una alta capacidad asociativa con el cultivo de maíz que se establece como monocultivo en el predio. Autores como Cruz-Cárdenas et al. (2021) rectifican que las prácticas agrícolas intensivas perturban la actividad microbiana y limitan la capacidad de sus servicios ecosistémicos, la agricultura convencional genera mayor desequilibrio en las comunidades microbianas. El Pozo es un suelo agrícola con manejo convencional, lo que comprueba estos resultados.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evitar la compactación de los suelos mediante el uso de maquinaria agrícola proceso que afecta a la comunidad existente.
- Es recomendable utilizar plaguicidas específicos y no de amplio espectro, para no dañar a organismos benéficos y evitar la recidivalidad.
- La rotación de cultivos es una práctica recomendable para evitar pérdidas graves por la resistencia que desarrollan los fitopatógenos existentes.
- Se recomienda aumentar el porcentaje de materia orgánica, para preservar y aumentar la población de organismos benéficos como las micorrizas.

X. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. N. (2017). **Fitopatología** (2ª ed.). México: Limusa.

Calvo, P., Reymundo, L., & Zuñiga, D. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. **Ecología Aplicada**, 7(1–2), 141–148.

Castillo, M., Martínez-Trujillo, M., Hernández, T., & Aguirre, L. (2014). Producción de inóculo micorrízico de *Gigaspora gigantea* en mezclas de sustratos. **Agrociencia**, 48(3), 235–244.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000300001

Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., de los Santos Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., & Ruiz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, 12(5), 899–913.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905>

García, I. E. (2011). Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología*, 43(1), 1–3.

Gómez, C. N., Villagra, M. K., & Solórzano, Q. M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Tecnología en Marcha*, 31(1), 168–177.

González, M. D., & Carrillo, R. J. (2021). Influencia de *Bacillus* sp. sobre los atributos químicos y microbiológicos del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(3), 383–395.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000300383

González, J. A., & Rodríguez, J. M. (2019). Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares en suelos ganaderos del trópico alto y bajo colombiano. *Idesia*, 37(1), 7–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000100035>

Google Maps. (2019). HHWF+HFM Benito Juárez, Tlaxcala [Mapa]. Google. <https://www.google.com/maps/place/19%C2%B035'47.3%22N+98%C2%B025'34.8%22W>

Griffiths, B. S., Bonkowski, M., Roy, J., & Ritz, K. (2001). Functional stability, substrate utilisation and biological indicators of soils following environmental impacts. *Applied Soil Ecology*, 16(1), 49–61.

Jansa, J., Mozafar, A., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I., & Frossard, E. (2002). Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. *Mycorrhiza*, 12(5), 225–234.

López, B. F., Alarcón, A., Quintero, R., & Lara, A. (2015). Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción en Chile. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, 6(6), 1203–1214.

Marrero, Y., Simó, J., Ruiz, L., Rivera, R., & Plana, R. (2008). Influencia del laboreo sobre el manejo de la simbiosis micorrízica efectiva en una secuencia de cultivos sobre un suelo pardo con carbonatos. **Cultivos Tropicales**, 29(2), 11–15.

Méndez, C. H., Marmolejo, M. J. G., Olalde, P. O., Cantú, A. C. M., & Fregoso, C. L. V. (2015). Nuevos registros de hongos micorrizógenos arbusculares para México. **Revista Mexicana de Micología**, 36, 49–56.

Montiel, D., Ruiz, D., Olivares, J. L., & Segundo, E. (2016). **Guía práctica para el diagnóstico de microorganismos de interés agrícola** (83 pp.). México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Ormeño, S. (2023). **Enfermedades de las plantas**. Madrid: Ormeño.

Rosset, J. S., Ferreira, C. G., Greco, M., Strey, L., & Celso, G. A. (2014). Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, 13(2), 80–94. <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7351>

Sánchez, C. R., & Guerra, R. P. (2022). *Pseudomonas* spp. benéficas en la agricultura. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**. [Completar volumen y número si disponible]

Sánchez, S., & Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. **Ecosistemas**, 22(1), 50–55.

Silva, G. A., Sieverding, E., Azevedo de Assis, D. M., Goto, B. T., Corazon-Guivin, M. A., & Oehl, F. (2025). Revision of Entrophosporales, with three genera and an identification key for all species currently attributed to this order. **Journal of Fungi**, 11(2), 97. <https://doi.org/10.3390/jof11020097>

Sandoval-Ruiz, R., Gómez-Alpízar, L., Humphreys-Pereira, D. A., & Flores-Chaves, L. (2023). Molecular identification of root-lesion nematodes, *Pratylenchus* spp. in agricultural crops from Costa Rica. **Agronomía Mesoamericana**, 34(1), e49445. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49445>

Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. **Colombia Forestal**, 16(1), 83–99.

Vidal, I., Etchevers, J., & Fischer, A. (1997). Biomasa microbiana en un suelo sometido a diferentes manejos de labranza y rotación. **Agricultura Técnica**, 57(4), 272–281.

XI. ANEXOS

Anexo 1

Caracterización de las colonias bacterianas						
N° de colonia	Descripción					
	Color	Forma	Borde	Elevación	Superficie	Clasificación
1	Amarilla	Puntiforme	Entero	Convexa	Mate	<i>Xanthomonas</i>
2	Naranja	Puntiforme	Entero	Convexa	Mate	<i>Clavibacter</i> .

3	Blanca transparente	Circular	Entero	Convexa	Lisa y brillante	<i>Pseudomona</i>
4	Blanca	Filamentosa	Filamentoso	Plana	Cremosa	<i>Streptomyces</i>
5	Crema	Circular	Entero	Acuminada	Seca	<i>Bacillus</i>
6	Amarillo claro	Circular	Entero	Elevada	Cremosa	<i>Xanthomonas</i>
7	Rosa claro	Puntiforme	Entero	Elevada	Rugosa/ mate	<i>Mycobacterium</i>
8	Blanca transparente	Irregular	Ondulado	Plana	Superficial y cremosa	<i>Erwinia</i>
9	Blanca	Circular	Entero	Convexa	Lisa y brillosa	<i>Pseudomonas</i>
10	Transparente	Irregular	Entero	Convexa	Mate/ cremosa	<i>Pseudomonas</i>