UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023

TESIS

Para optar el título de ingeniera agrónoma

Autora: Bach. Darlene Jesús Carrasco Marchan

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Clavijo Zarate, Alexis Enrique (Presidente)

Código ORCID: 0009-0001-8927-1717

Dr. Valladolid Ramos, Milton (Secretario)

Código ORCID: 0000-0002-0526-0544

Dr. Garrido Rondoy, Miguel Ángel (Vocal)

Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Bach. Carrasco Marchan, Darlene Jesús (Autora) _____

Dr. Garrido Rondoy, Miguel Ángel (Asesor)
Código ORCID: 0000-0002-8542-9353 _____

Tumbes, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA

ANEXO VIII

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los diez días del mes de octubre de dos mil veinticinco, siendo las nueve horas, con treinta minutos (9 y 30), de la mañana, de forma presencial en el aula virtual Nº 01 de la Facultad de Ciencias Agrarias se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución Nº 077-2023/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Alexis Enrique Clavijo Zarate** (Presidente), **Dr. Milton Valladolid Ramos** (Secretario), **Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy** como **Asesor,** se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, **"Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023",** para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por la **Bach. Darlene Jesús Carrasco Marchan,** Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo Nº 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: **Bach. DARLENE JESUS CARRASCO MARCHAN**..Aprobada....., por unanimidad....., con el calificativo ....Muy bueno.....,

Se hace conocer a la sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda .....Apta..... para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria Nº 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las ....Diez..... horas y ....cuarenta.... minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, ...10 de Octubre de 2025....

Dr. Alexis Enrique Clavijo Zarate DNI Nº 00212160 CODIGO ORCID 0009-002-8927-1717 Presidente	**Dr. Milton Valladolid Ramos** DNI Nº 00218325 CODIGO ORCID 0000-0002-0526-0544 Secretario
Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy DNI Nº 00240207 CODIGO ORCID 0000-0002-8542-9353 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADA-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Darlene Jesus Carrasco Marchan, declaro que el presente trabajo de investigación, titulado “Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023”, es original y ha sido presentada con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Así mismo, confirmo que, los resultados que se han reportado no han sido copiados de otros archivos o investigaciones. Por ello, la información que no me pertenece, es usada para complementar y discutir la tesis, está citada y referenciada debidamente por derechos del autor. Siendo así, este trabajo, producto del esfuerzo de mi persona y asesor, en cuanto a su ejecución y redacción para su aprobación.

Bach. Darlene Jesus Carrasco Marchan

REPORTE DE TURNITIN

Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023

por Darlene Jesús Carrasco Marchan

Fecha de entrega: 21-ago-2025 02:05p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2733013876
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS-CARRASCO_MARCHAN_DARLENE_JESUS.docx (803.18K)
Total de palabras: 6051
Total de caracteres: 34576

Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy
Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

Identificación de hongos en la degradación de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	12%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	www.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.fertibox.net Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	www.revistaalfa.org Fuente de Internet	1%
8	pdffox.com Fuente de Internet	<1%
9	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	inecol.edu.mx Fuente de Internet	<1%
11	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
	dspace.espoch.edu.ec	

Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy
Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

12	Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.una.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to upec Trabajo del estudiante	<1 %
17	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
18	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
19	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
20	revistasdigitales.uniboyaca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
21	www.ctv.es Fuente de Internet	<1 %
22	www.smf.org.mx Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad de la Amazonia Trabajo del estudiante	<1 %
24	digibug.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
25	ambiental.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
26	inba.info Fuente de Internet	<1 %

Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy
Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Apagado		

Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy
Código ORCID: 0000-0002-8542-9353

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante y por darme la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo que se me presenta.

A mis padres, Albertina y José por su amor incondicional, su apoyo permanente, por ser modelos de perseverancia e inculcarme valores que han sido esenciales en mi formación.

A toda mi familia por sus palabras de aliento y por estar presentes en cada etapa de este proceso.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por el don de la vida, la salud y el entendimiento que me han permitido seguir avanzando en la realización de mis objetivos.

A mis amados padres, Albertina y José, por su esfuerzo incansable, sacrifico, motivación constante y amor. Gracias por ser mis pilares en cada paso que doy; a mi hermano Jefriph por alentarme siempre a no rendirme y a creer en mí.

A mi asesor, Dr. Miguel Ángel Garrido Rondoy por sus enseñanzas y orientación en la ejecución del proyecto. Gracias por su tiempo, paciencia y confianza a lo largo de este proceso.

A la Mg. Nasstie por su apoyo y sus valiosos consejos durante la realización del proyecto. Gracias por ayudarme a resolver cada duda con dedicación y empatía.

A mi querido Luis Mario, por su apoyo y comprensión en el transcurso de este proceso. Por estar a mi lado incluso en los momentos más difíciles, brindándome fortaleza y compañía.

A los miembros del jurado por sus observaciones y aportes valiosos que enriquecieron esta investigación.

A mis tíos, Baudilia y José, por brindarme su apoyo y protección a lo largo de mi formación universitaria.

A todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron al desarrollo de este estudio: agricultores y amigos.

INDICE GENERAL

RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
CAPÍTULO I 16
1. INTRODUCCIÓN 16
CAPÍTULO II 17
2. ESTADO DEL ARTE 17
2.1. Antecedentes 17
2.2. Microbiología del suelo 19
2.3. Principales microorganismos del suelo 20
2.4. Sistemas de manejo de suelos agrícolas 23
CAPÍTULO III 25
3. MATERIALES Y MÉTODOS 25
3.2. Lugar de ejecución 25
3.3. Tipo de investigación 26
3.4. Materiales, herramientas, equipos e insumos 26
3.5. Métodos 27
3.6. Análisis y procesamiento de datos 27
CAPITULO IV 28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
CAPÍTULO V 39
5. CONCLUSIÓN 39
CAPÍTULO VI 41
6. RECOMENDACIÓN 41
CAPITULO VII 42
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Mapa de ubicación de los sectores muestreados.	**25**
Figura 2.	Mapa de ubicación del Centro de Diagnosis de Enfermedades de Plantas	**26**
Figura 3.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de *Mucor spp*., en diferentes sectores bananeros.	**29**
Figura 4.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de *Rhizopus spp*., en diferentes sectores bananeros.	**30**
Figura 5.	Unidades formadoras de colonias (U.f.c/g) de *Aspergillus spp,* en diferentes sectores bananeros.	**31**
Figura 6.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de *Penicillium spp,* en diferentes sectores bananeros	**32**
Figura 7.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de *Fusarium spp,* en diferentes sectores bananeros.	**33**
Figura 8.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de *Trichoderma spp,* en diferentes sectores bananeros.	**34**
Figura 9.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de bacterias, en diferentes sectores bananeros.	**35**
Figura10.	Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/g) de hongos degradadores de Materia orgánica y *Trichoderma*, en los diferentes sectores de bananeros.	**36**
Figura11.	Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/g) de hongos degradadores de Materia orgánica, *Trichoderma* y bacterias, en los diferentes sectores de bananeros.	**37**
Figura12.	Unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias en diferentes sectores bananeros.	**37**
Figura13.	Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de los diferentes microorganismos en los sectores de banano orgánico.	**38**

RESUMEN

El banano es uno de los cultivos principales de la región de Tumbes; su alta productividad está estrechamente ligada a la salud del suelo. La calidad del suelo determina la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, lo que influye directamente en su crecimiento. Un suelo bien drenado, rico en materia orgánica y con un buen contenido mineral, permite que las raíces del banano se desarrollen y absorban los nutrientes necesarios para una óptima producción. El presente estudio se realizó en las parcelas de banano orgánico, ubicadas en la provincia de Tumbes; en los sectores de Brujas Altas, Higueron, Cristales, Pampas de Hospital, Realengal, Pueblo Nuevo, Oidor y Malval; y en el Centro de Diagnosis de Enfermedades de Plantas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, con el objetivo de identificar los géneros de hongos en la degradación de la materia orgánica en suelos de banano orgánico. Los resultados indican que los hongos responsables en la degradación de la materia orgánica en suelos cultivados con banano orgánico pertenecen a los géneros *Mucor, Rhizopus, Aspergillus, Penicillium, Fusarium* y *Trichoderma*. Estos microorganismos participan activamente en la descomposición de la materia orgánica, convirtiendo los restos vegetales en compuestos más simples que las plantas pueden absorber como nutrientes. Entre ellos, el género *Penicillium* y *Aspergillus*, presentaron la mayor cantidad de u.f.c en todos los sectores evaluados, su alta capacidad de degradar la materia orgánica contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo.

Palabra clave: *Degradación de la materia orgánica, microorganismos del suelo, cultivo de banano.*

ABSTRACT

Bananas are one of the main crops in the Tumbes region; their high productivity is closely linked to soil health. Soil quality determines the availability of essential nutrients for plants, which directly influences their growth. Well-drained soil, rich in organic matter and with a good mineral content, allows banana roots to develop and absorb the nutrients necessary for optimal production. This study was conducted in organic banana plots located in the province of Tumbes in the Brujas Altas, Higuerón, Cristales, Pampas de Hospital, Realengal, Pueblo Nuevo, Oidor, and Malval sectors, and at the Plant Disease Diagnostic Center of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Tumbes. The objective was to identify the fungal genera responsible for the degradation of organic matter in organic banana soils. The results indicate that the fungi responsible for the degradation of organic matter in soils cultivated with organic bananas belong to the genera *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, and *Trichoderma*. These microorganisms actively participate in the decomposition of organic matter, converting plant remains into simpler compounds that plants can absorb as nutrients. Among them, the genera *Penicillium* and *Aspergillus* presented the highest amounts of cfu in all the sectors evaluated; their high capacity to degrade organic matter contributes to improving crop yield.

Keywords*: Degradation of organic matter, soil microorganisms, banana cultivation.*

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es el sustrato vivo y dinámico con mayor biodiversidad donde se desarrollan muchas formas de vida; es decir en una pequeña muestra de suelo podemos encontrar millones de microorganismos como bacterias, hongos y virus (Álvaro, 2019). Asimismo, un suelo fértil es aquel que tiene una gran variedad de microorganismos que con sus actividades liberan nutrientes que permite alcanzar un buen desarrollo vegetal (Borrero & Silva, 2005).

Los microorganismos juegan un papel importante en el mantenimiento de la calidad, salud y fertilidad de los sembríos debido que están relacionados con la disponibilidad y movilidad de nutrientes en el suelo (Álvaro, 2019).

Una de las actividades importantes que desempeñan los microrganismos es la degradación de la materia orgánica; los hongos son uno de los microorganismos que sostienen procesos ecosistémicos como la descomposición de la materia orgánica (Fernandes et al., 2022; Lima et al., 2022), excretando una variedad de diferentes sustancias extracelulares, incluidas las enzimas y ácidos orgánicos (Manzoor et al., 2019).

Durante este proceso se liberan nutrientes disponibles para las plantas. Al mismo tiempo, la materia orgánica fresca se transforma en materia orgánica estable llamado humus, mejorando diversas funciones en el suelo (ICA-CSIC, 2018). Sin embargo, todo ello se ve afectado por el manejo de la agricultura que influye fuertemente en la vida microbiana, en el medio ambiente y el bienestar humano.

En ese sentido, el objetivo del estudio fue identificar la presencia de hongos degradadores de materia orgánica en suelos de banano orgánico en Tumbes, con el fin de contribuir al mejoramiento de la salud del suelo y las plantas.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes

Xia et al. (2019) demostraron que la abundancia de especies de hongos en un campo orgánico es significativamente mayor en comparación con un campo convencional, de la misma manera la comunidad fúngica asociada a las plantas tenía una diversidad de especies significativamente mayor en los campos orgánicos, estos dos sistemas agrícolas influyen de manera diferente en la cantidad y diversidad de hongos endófitos asociados a las plantas y, potencialmente, en sus impactos en el crecimiento y el rendimiento. De manera similar, Van Rijssel et al. (2022) encontraron que la composición de la comunidad fúngica en los campos manejados orgánicamente, es más diversa que en un convencional.

Igualmente, Paolini (2018) indica que un suelo cafetalero con manejo orgánico muestra mejoras en sus propiedades químicas y microbiológicas, y albergan una comunidad microbiana más eficiente en comparación con el manejo tradicional y convencional.

Es importante señalar que Soto-Valenzuela et al. (2024), en su estudio sobre la evaluación de físico, químico y microbiológico del suelo en cultivos de *Musa paradisiaca* Cavendish y *Elaeis guineensis* Jac. Provincia de los ríos; identificaron los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* en ambos cultivos. Sin embargo, *Mucor, Pithomyces* y *Rhizopus* fueron exclusivos del cultivo de banano, mientras que *Alternaria solani* se detectó en el cultivo de palma africana.

De igual forma, González-García et al. (2021) analizaron la diversidad fúngica en suelos cultivados con plátano e identificaron cuatro hongos: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma*. El análisis no reveló diferencias estadísticas para *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma* entre suelos con plantas de diferente vigor.

Sin embargo, los valores de u.f.c de *Trichoderma* fueron mayores en suelos asociados a plantas de alto vigor, mientras que *Aspergillus* predominó en suelos con bajo vigor.

Asimismo, Montoya-Castrillón et al. (2021) identificaron cepas pertenecientes a los géneros *Trichoderma sp., Penicillium sp., Mucor sp. y Aspergillus* con actividad enzimática. Galecio-Julca et al. (2020), al evaluar la cantidad de microorganismos en fuentes orgánicas obtenidas de cultivo de banano orgánico, determinaron que la mayor población de bacterias, hongos y ascomicetes se encontraron en bocashi y compost.

Según Méndez-Matías et al. (2022) en su estudio encontraron especies como *Aspergillus niger, Trichoderma harzianum, T. reesei, T. pseudokoningii* y *Fusarium oxysporum* pertenecientes a los organismos lignocelulolíticos. Asimismo, *T harzianum* y *Aspergillus* ssp. reducen el tiempo de degradación del bagazo de maguey mezcalero, pero no del bagazo de caña. Por el contrario, *Aspergillus ssp* actuó con mayor grado de degradación en ambos bagazos evaluados.

La investigación de Alarcón-Aguirre & Ramírez-Guillén (2022) indica que los hongos *Aspergillus niger, A. terreus* y *Penicillium* usan el mantillo para crecer y producir enzimas del tipo hidrolasas (β-glucosidasas, celulasas, fosfatasas). Del mismo modo, los hongos como *Fusarium solani, Alternaria alternata, Colletotrichum gloeosporioides*, producen enzimas del tipo lipasas, cutinasas e hidrolasas necesarias para la degradación de la materia orgánica.

En otro estudio, Yin et al. (2022). reportaron que los hongos en suelos cultivados estaban dominados principalmente *Ascomicetos y Basidiomicetos*. Además, se evidenció que prácticas de fertilización modificaron la composición microbiana.

Para Mukrimin et al. (2021) el género *Rhizopus* tiene una alta capacidad para degradar sustratos de almidón, celulosa, aminoácidos y lignina en comparación al resto de los hongos aislados (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Gliocladium* y *Trichoderma*). Además, pueden ser aplicados como bio activadores de la descomposición de la materia orgánica.

Mientras que, Cruz (2019) indica *Rhizopus y Mucor* tiene una acción degradadora, siendo indicadores de presencia de materia orgánica. Así mismo, Rodríguez-Castro & Torres-Moreno (2018) menciona que el hongo *Penicillium sp.* participa en la descomposición de la celulosa.

Gómez et al. (2014) durante la caracterización de microorganismos celulíticos y aminolíticos en residuos sólidos orgánicos se obtuvieron 11 cepas que fueron identificados con actividad celulolítica (*Rhizopus oryzae*, *Rhizopus ssp*, *Streptomyces*) y la actividad amilolítica (*Fusarium ssp*, *Absidia ssp*, *Aspergillus ssp* y *Rhizopus ssp)*

En la investigación de Manjarrés et al., (2011) utilizaron residuos de palma como sustrato; donde la cepa de *Aspergillus* presenta una mayor actividad celulolítica en comparación a la cepa de *Trichoderma*, debido que produce enzimas degradadoras de xilano.

2.2. Microbiología del suelo

El suelo alberga una enorme diversidad y abundancia de vida microbiana (Crowther et al., 2019; Jansson & Hofmockel, 2018), habitan en todos los ecosistemas de la Tierra que están ocupados por organismos visibles. Se originaron hace al menos 3.800 millones de años, y es posible que sigan viviendo ante cualquier evento de extinción en el futuro (Cavicchioli et al., 2019).

El microbioma del suelo es un microecosistema dinámico que promueve varios procesos biológicos en los macroecosistemas (Bhattacharjee et al., 2022). Los microorganismos cumplen una extensa gama de funciones en el suelo, como la liberación de nutrientes de minerales y materia orgánica (fijación de N_2, y agregación del suelo, en consecuencia, una mayor biomasa microbiana del suelo tiene un mayor potencial para cumplir estas funciones (Cavicchioli et al., 2019; Hemkemeyer et al., 2021).

Uno de los factores clave que garantizan el mantenimiento de la calidad y la salud del suelo son los microorganismos, al estar involucrados en la transformación de compuestos químicos, no solo contribuyen a proporcionar los nutrientes disponibles

para las plantas, sino que también sirven como promotores de su crecimiento y desarrollo. Además, secretan enzimas que se encuentran libremente o son estabilizadas por materia orgánica en el ambiente del suelo (Ossowicki et al., 2021; Baćmaga et al., 2022).

Las poblaciones microbianas interactúan naturalmente con las superficies y tejidos de las plantas para llevar a cabo actividades beneficiosas, incluida la protección contra patógenos y la promoción del crecimiento de las plantas (Lareen et al., 2016; Tan et al., 2022; Xia et al., 2019), es decir las plantas viven en íntima asociación con comunidades microbianas complejas y diversas (Hassani et al., 2018).

2.2.1. Microbioma

Comunidad de microorganismos como bacterias, hongos, y virus que viven en un hábitat en específico (National Human Genome Research Institute, 2023). Así mismo, refiere a la información genética de todos los microrganismos que desarrollan un cuerpo y forman nichos ecológicos propios en forma de microbiotas (Cucalón & Bkay, 2020).

2.2.2. Microbiota

El conjunto o poblaciones de microorganismos que habitan la superficie de un organismo que tienen comunicación con el exterior (Cucalón & Bkay, 2020).

2.3. Principales microorganismos del suelo

El ecosistema del suelo es complejo con una diversidad de microbios (Wang & Li, 2019), es importante recordar que el microbioma asociado con el suelo y las plantas no se limita a los hongos, sino que también incluye bacterias y otros microorganismos. Sin embargo, las interacciones de estos microbios entre sí pueden afectar no solo su propia supervivencia, sino también el impacto de la comunidad en general en la salud de las plantas y el suelo (Xia et al., 2019).

Las funciones de los microorganismos pueden ser beneficiosos o dañinos para el desarrollo de las especies vegetales (Babalola et al., 2020).

2.3.1. Hongos

Los hongos son una parte importante de los microorganismos del suelo y juegan un papel crucial en los ecosistemas del suelo (Yin et al., 2022), son un reino megadiverso que proporciona una variedad de servicios ecosistémicos, y muchas especies se han aprovechado como herramientas para evaluar la calidad ambiental (Abrego et al., 2020). Pueden dividir en grupos dañinos o benéficos según sus funciones en el agroecosistema; el hongo nocivo puede infectar cultivos y provocar enfermedades en las plantas, mientras que los grupos benéficos pueden suprimir hongos patógenos y beneficiar el crecimiento del cultivo (Wang et al., 2022).

Se clasifican en tres grupos principales: controladores biológicos, reguladores de ecosistemas y especies que participan en la descomposición de materia orgánica y transformaciones de compuestos; el primer grupo regula enfermedades, plagas y el crecimiento de otros organismos, el segundo grupo son responsables de la formación de la estructura del suelo y la transformación de los hábitats de otros organismos al regular la dinámica de los procesos fisiológicos en el entorno del suelo y el tercer grupo estabiliza la materia orgánica del suelo y la descomposición de residuos (Frąc et al.,2018).

Los hongos del suelo representan un componente funcional esencial del suelo como descomponedores, simbiontes y patógenos. Dentro de estos, los hongos saprófitos cumplen la función de descomponer los sustratos y aumentar el ciclo de nutrientes del suelo (Yin et al., 2022). Mientras que los hongos ectomicorrícicos, clasificados como los simbiotrofos, son conocidos por mejorar la condición nutricional de las plantas (Treseder & Lennon, 2015; Yin et al., 2022).

Por otro lado, los endófitos fúngicos son un grupo de hongos que aporta compuestos con potentes actividades biológicas en el sector agrícola, debido que protegen a la planta huésped durante todo su ciclo de vida y tienen la capacidad de actuar como agente de biocontrol, mediante la antibiosis, el parasitismo y el mecanismo de competencia (Segaran & Sathiavelu, 2019).

Hongos degradadores de la materia orgánica

Son responsables de la descomposición de la materia orgánica, debido a un proceso simple de cambio físico y químico denominada mineralización (Mukrimin et al., 2021). Producen enzimas que contribuyen al ablandamiento y la transformación de sustancia orgánicas, metabolizando compuestos como celulosa, hemicelulosa y lignina (Delgado, 2016), se clasifican en enzimas extracelulares, esenciales para la descomposición de polisacáridos y en enzimas intercelulares para los monosacáridos (glucosa) (Khatoon et al., 2017).

Producen tres tipos de enzima celulolíticas para la degradación de la celulosa; endoglucoanasas, celobiohidrasas y glucosidasas, originadas por *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* y *Phanerochaete*. Para descomponer de quitina, los hongos *Trichoderma* y *Verticillium* producen enzimas quitinasas, quitosanasa, peroxidasa de lignina, peroxidasas dependientes del Mn y quinona (Khatoon et al.,2017).

Los hongos ectomicorrízicos al permanecer dependientes de sus plantas como fuente principal de C metabólico, actúan limitadamente en la descomposición de la materia orgánica (Lindahl & Tunlid, 2015), para ello utilizan mecanismos que involucran la acción de enzimas oxidativas y radicales de oxígeno formadas por reacciones de Fenton (Shah et al., 2016).

Los hongos antagonistas también cumplen la función como degradadores de la materia orgánica; *Trichoderma* descompone la materia orgánica debido a la acción de las enzimas, contribuye en mejorar las propiedades y la calidad del suelo liberando macro y microelementos utilizados por las plantas (Oszust et al., 2021). Cuenta con un sistema altamente desarrollado para la degradación de la celulosa debido que contiene muchas enzimas como endoglucoanasas y exogluconasas, asimismo, tiene una mayor capacidad de movilizar y absorber nutrientes en comparación a otros microorganismos (Kong et al., 2020). Además, el hongo *Trichoderma* incrementa la absorción de nutrientes como cobre, hierro, fosforo, manganeso y sodio mejorando la nutrición de las plantas (Rodríguez et al. (2017) y participa en disolución del fósforo insoluble del suelo mejorando la capacidad de las especies vegetales para adquirir fósforo (Bononi et al., 2020).

Del mismo modo, Vega (2016) en su estudio menciona que *Trichoderma ssp, Asperguillus ssp y Penicillum ssp* ayudan a descomponer la materia orgánica. Mientras que Osorio-Vega (2009), señala que los hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* son microorganismos solubilizadores de fósforo esenciales para las plantas. Según, Delgado (2016), *Penicillium*, *Aspergillus* y *Rhizopus* degradan ácidos nucleicos y glicerofósfatos a fosfatos simples, mientras que, *Aspergillus*, *Mucor* y *Penicillium* solubilizan el potasio mediante la liberación de ácidos orgánicos o inorgánicos.

2.4. Sistemas de manejo de suelos agrícolas

2.4.1. Sistema convencional

Se fundamenta en obtener una mayor productividad a menor costo, manipulando varios insumos como pesticidas, fertilizantes sintéticos, sin medir el daño que causa al ambiente (Maldonado, 2015). Las actividades intensas de laboreo de suelo y las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos pueden afectar de manera diferente las poblaciones de microorganismos (Marín et al., 2017).

2.4.2. Sistema orgánico

Se refiere al uso racional de los recursos, evitando el consumo de insumos sintéticos como pesticidas y fertilizantes; optando por alternativas amigables con el ambiente, como el manejo integrado de plagas y el uso de materia orgánica (Maldonado, 2015). El sistema orgánico genera un ambiente propicio para que las poblaciones microbianas se estabilicen al alcanzar poblaciones más altas y más diversas, debido al manejo de conservación que recibe (Marín et al., 2017), buscando preservar y conservar el medio ambiente y la salud humana en medio de las transformaciones agrícolas (Costa et al., 2021). Además, se usan productos naturales hechos de abono o compost, biol y bocashi (Olaya, 2023).

Uno de los abonos orgánicos más utilizados es el compost; se obtiene a través del compostaje, un proceso de fermentación en estado sólido aeróbico, llevado a cabo por microorganismos, mediante el cual diversas sustancias orgánicas se transforman en compuestos más estables. Contribuye a la mejora de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, favoreciendo la relación fisicoquímica y el equilibrio biológico adecuado para la interacción planta-suelo

(Sánchez et al., 2017). Para Yan et al. (2021) los hongos participantes en degradación del compost pertenecen al filo Ascomycota. De igual manera, Camacho et al. (2014) señalan que en las compostas utilizadas para aislar microorganismos se encontró *Aspergillus fumigatus*.

Los hongos predominantes durante el proceso del compostaje en la fase mesófita predominan los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, seguidos por *Trichoderma*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Clasdosporium*, *Mulocladium* y *Fusarium,* (Laich, 2011). Así mismo, Escobar et al. (2012) en su estudio identificaron 4 géneros (*Aspergillus*, Cladosporium, *Penicillium* y *Rhizopus*) en los sustratos simples, siendo los más frecuentes en todos los tratamientos *Aspergillus* y *Penicillium*. Rivas-Nichorzon et al. (2017), durante el proceso de compost a base de pulpa de café aislaron e identificaron con mayor frecuencia *Aspergillus sp., Mucor sp.* y *Penicillium sp.*

Otro abono que se utiliza en la agricultura orgánica es bocashi, este proceso implica una semi descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los residuos en cantidades controladas, capaz de fertilizar a las plantas y nutrir al suelo (Jazmín-Marín, 2019), aportando macro y micro nutrimentos, y su efecto varía en función del origen de los materiales a partir de los cuales se produce (Mendivil-Lugo et al., 2020), teniendo como objetivo incentivar la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas (Ramos et al., 2014). Gracias a su carga microbiana benéfica mejora la actividad y diversidad biológica de los suelos, su población microbial incrementa la actividad supresora y mejora la salud de suelo (Garro, 2016).

Por otro lado, el biol es un abono líquido producto de la fermentación anaeróbica de residuos vegetales y/o animales; aporta sustancias que poseen acción sobre el crecimiento o la protección vegetal (Álvarez & Rimski-Korsakov, 2016). Otra particularidad, es que mejorará el intercambio catiónico del suelo, aumentando la disponibilidad de nutrientes (Cano-Hernández et al., 2016).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.2. Lugar de ejecución

El presente estudio se realizó en las parcelas de banano orgánico, ubicadas en la provincia de Tumbes; en los sectores de Oidor, Malval, Higuerón, Cristales, Realengal, Pueblo Nuevo (Margen Izquierda), Las Brujas altas y Pampas de Hospital (Margen Derecha).

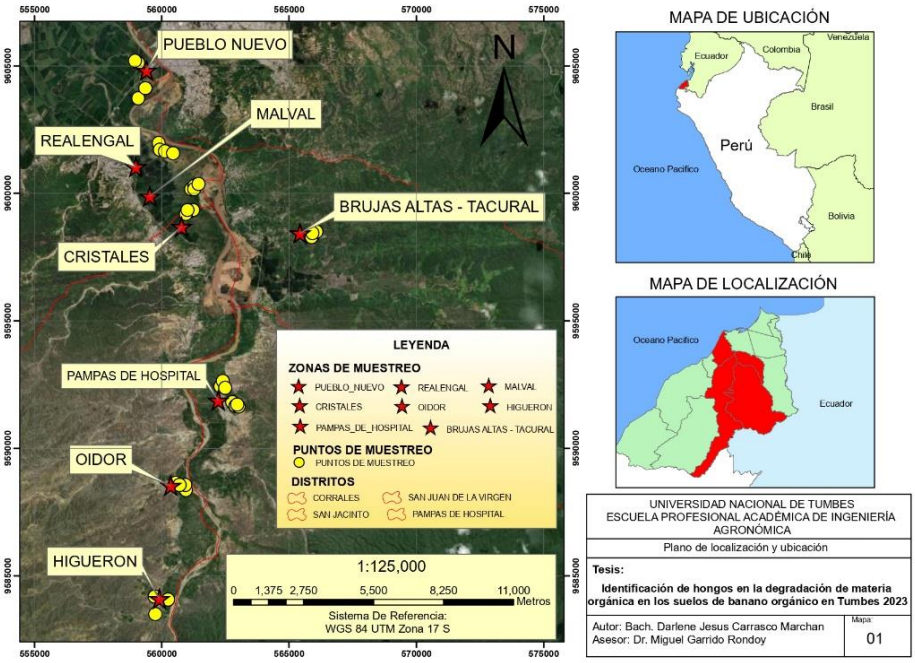


Figura 1. Mapa de ubicación de los sectores muestreados

Mientras que la fase de laboratorio se ejecutó en el Centro de Diagnosis de Enfermedades de Plantas de la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicado en distrito de Corrales, provincia de Tumbes, con coordenadas geográficas 3°34’33’’S, 80°27’27’’w.

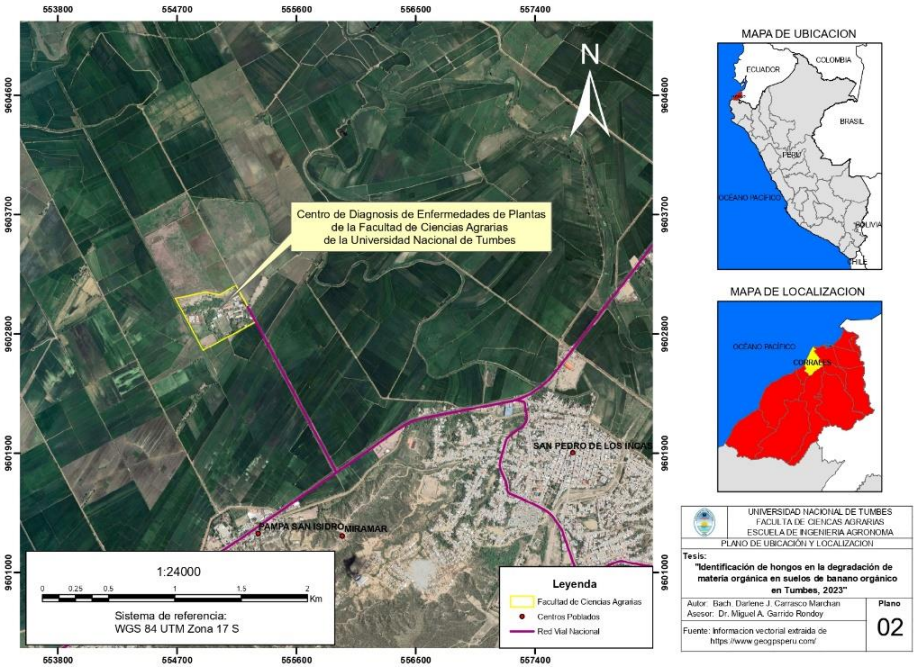


Figura 2. Mapa de ubicación del Centro de Diagnosis de Enfermedades de Plantas

3.3. Tipo de investigación

La investigación se fundamenta en una metodología aplicada, de acuerdo con su enfoque es de tipo cuantitativa, con un diseño de tipo Exploratorio.

3.4. Materiales, herramientas, equipos e insumos

3.4.1. Materiales de campo

Palana, machete, bolsas, plumón indeleble, libreta.

3.4.2. Materiales del laboratorio

Placas Petri, vaso de precipitación, pipetas, pinzas, portaobjeto, cubre objeto, algodón, asa de siembra, espátula de Drigalski, matraces Enlenmeyer, alcohol.

3.4.3. Equipos

Autoclave, microscopio, estereoscopio, balanza analítica, cámara de flujo laminar, nevera, incubadora, agitador magnético.

3.4.4. Insumos

Agar dextrosa papa (PDA)

3.5. Método

3.5.1. Fase de Campo

Se realizó un muestreo aleatorio de suelo en las parcelas de banano orgánico; teniendo en cuenta el manejo y la producción de los campos de banano. Las sub muestras de suelo fueron tomadas de los primeros cinco centímetros de la capa arable, cada sub muestra se depositó sobre una manta, se homogenizó y por el método del cuarteo se tomó una muestra representativa de 200 gramos. Las muestras fueron depositadas en bolsas de polietileno debidamente rotuladas.

3.5.2. Fase de Laboratorio

De cada muestra se tomaron diez gramos de suelo, que fueron depositadas en un vaso de precipitación conteniendo 100 ml de agua destilada estéril. La muestra se colocó en una plancha con agitador magnético durante 5 minutos, y puesta en reposo por 40 minutos; de esta suspensión se tomaron 0.25 ml para ser sembrada por barrido en la superficie de una placa Petri con PDA con ayuda de una espátula de Drigalski (Ramos, 2022). Las placas sembradas fueron colocadas en una incubadora con una temperatura de 28°C.

3.6. Análisis y procesamiento de datos

3.6.1. Formas de evaluación

Conteo poblacional de microorganismos (hongos)

El conteo de las unidades formadoras de colonias (u.f.c) se realizó a las 72 horas después de la siembra, diferenciándose cada colonia por su color y desarrollo.

Identificación de géneros de hongos

Después que realizó el conteo de unidades formadoras de colonias (u.f.c.) en cada placa Petri, se tomó una pequeña porción de micelio de cada colonia, y fueron depositadas sobre una porta objetos y de inmediato se colocó un cubre objeto para ser visualizados al microscopio compuesto para su identificación a nivel de género.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El banano es un cultivo que genera abundante material vegetal, con una relación carbono nitrógeno que oscila entre 32/1 – 70/1 (Andrade-Quiñones et al., 2019), todo este material queda disperso en el suelo al término de la cosecha, expuesto a la acción de la microbiota y de factores externos como, manejo de cultivo, riego y abonamiento (Sánchez de Prager et al., 2020). La vida microbiana es un factor fundamental para la transformación de estos tejidos en materia orgánica necesaria para la nutrición de los microorganismos y la fertilidad para las plantas (Paleologos et al., 2020).

En las muestras de material tomadas en campo de los diferentes sectores de banano orgánico en Tumbes como: Brujas Altas, Higuerón, Cristales, Pampas de Hospital, Realengal, Pueblo Nuevo, Oidor y Malval, se identificaron diversos géneros de hongos y bacterias comprometidos con la degradación de la materia orgánica; la identificación se realizó de acuerdo a sus características microscópicas y macroscópicas, como estructuras y color de la colonia en PDA, las colonias fueron clasificados dentro de los géneros *Mucor*, *Aspergillus, Penicillium, Rhizopus* y *Fusarium*; *Trichoderma* y bacterias; resultados similares fueron presentados por González-García et al. (2021) y Soto-Valenzuela et al. (2024), quienes destacaron presencia de *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma.*

Cada uno de estos géneros participan en la cadena de descomposición de la materia orgánica; existen grupos de hongos que inician el proceso, como Zygomycota*, Rhizopus* y *Mucor*, cuya actividad depende del tipo de sustrato (Cruz, 2019).

Especies del Género *Mucor*.

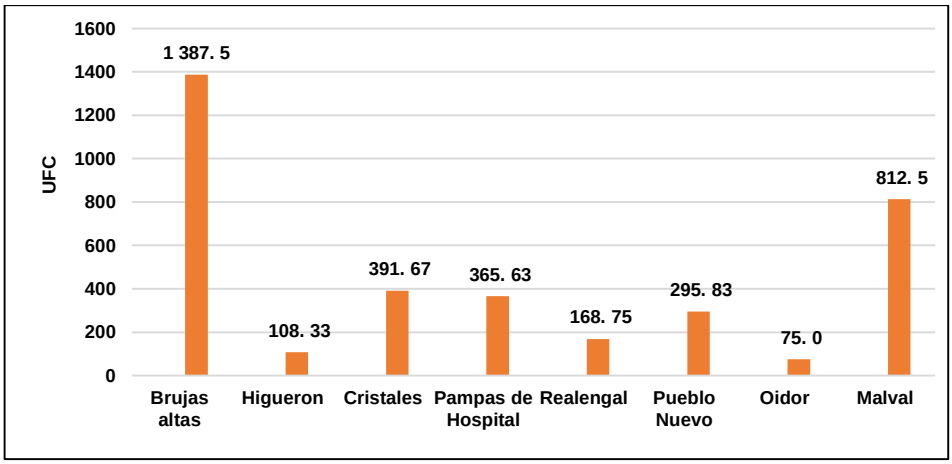
El género *Mucor* es un organismo de crecimiento rápido, presente en el suelo, se ubica entre el material vegetal en proceso de degradación de los tejidos, presenta una alta capacidad degradativa (Cruz, 2019), esta eficiencia se debe a su habilidad para secretar enzimas como proteasas y lipasas (Vigueras-Morales et al., 2019); su presencia está relacionada con la vida microbiana del suelo.

De todos los sectores evaluados, Brujas Altas y Malval, registraron las poblaciones más elevadas de este género, con 1387.5 y 812.5 u.f.c., respectivamente (Figura 3); su presencia está relacionada con la acumulación del material vegetal principalmente hojas y pseudotallos, generados durante todo el ciclo productivo del banano (Andrade-Quiñones et al., 2019), debido a que participa activamente en la etapa inicial de la descomposición (Petrikkos & Tsioutis, 2018), y se nutren de tejidos vegetal seco o en descomposición (Botha & Botes, 2014).

Sin embargo, el sector Oidor presentó las poblaciones más bajas, podría estar relacionados con una menor disponibilidad de materia orgánica o diferencias en el manejo del suelo.

Figura 3

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de Mucor spp., en diferentes sectores bananeros.

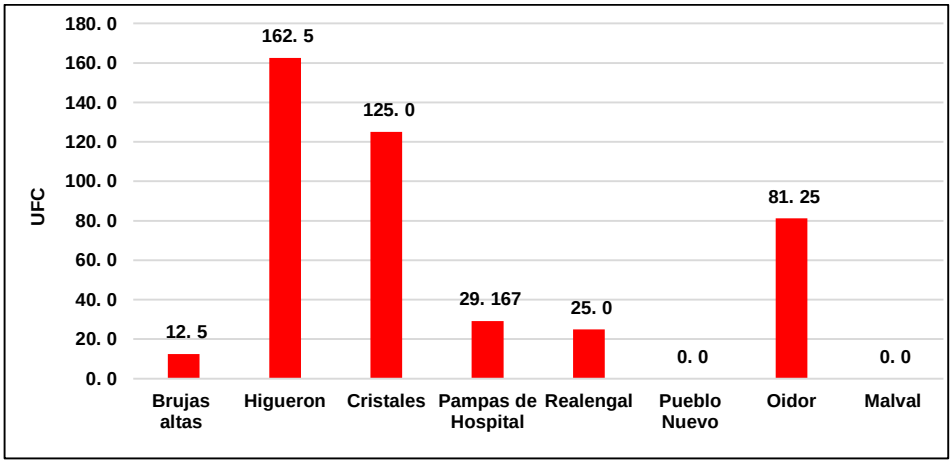


Especies del Género *Rhizopus*

Rhizopus es un género que vive en suelo y en la materia vegetal en degradación; sintetizan una serie de enzimas extra e intracelulares, entre las que se incluyen celulasas, hemicelulasas, pectinasas, tanasas, fitasas (Rani & Ghosh, 2011), amilasas, lipasas (Grande, 2016) y proteasas. El sector Higuerón presento una mayor población de *Rhizopus* con 162.5 u.f.c (Figura 4), mientras que, en los sectores, Pueblo Nuevo y Malval, no se detectó la presencia de *Rhizopus*, esta distribución desigual se debe a la composición química de los residuos vegetales, se vincula con la investigación de Reinoso (2017), que concluye que los residuos vegetales de banano contienen compuestos fenólicos y taninos naturales que inhibe el crecimiento fúngico; afectando al género *Rhizopus* que no toleran concentraciones altas de metabolitos secundarios.

Figura 4

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de Rhizopus spp., en diferentes sectores bananeros.



Especies del Género *Aspergillus*

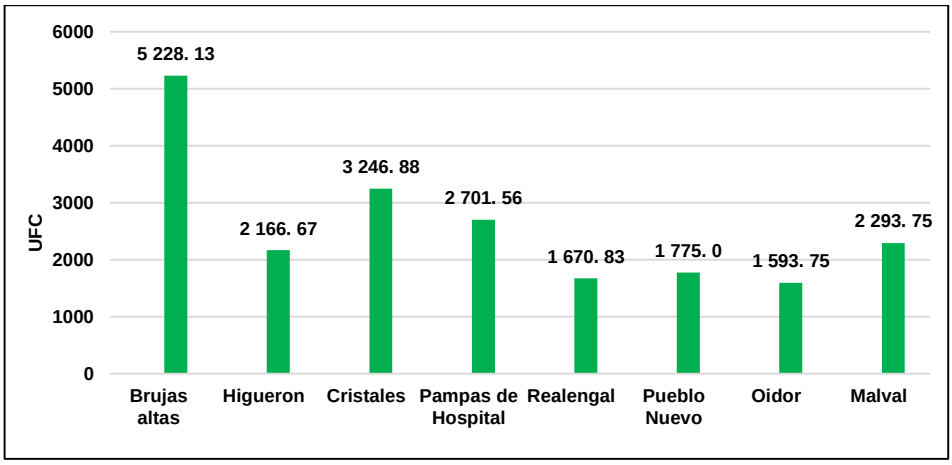
El género *Aspergillus* es un grupo de microorganismos presentes en el suelo que participan en la degradación de la materia orgánica mediante la producción de enzimas glucoamilasa, proteasas, lipasas, carboxipeptidasa, amilasas (Grande, 2016), xilanasas y pectinasas (García, 2018) que degradan el material vegetal acelerando su descomposición. Así mismo, participa activamente en la fase termófila de la materia orgánica (Zhang et al., 2022).

El sector Brujas Altas con 5228.13 u.f.c y Cristales con 3246.88 u.f.c, son los sectores con la población más alta registrada con estos organismos. La presencia de restos de tejido vegetal en proceso de degradación, en los puntos de muestreo, favoreció la existencia de este género en el suelo (Figura 5). En cambio, el sector Oidor con 1593.75 u.f.c presentó la población más baja, lo que se atribuye a condiciones edáficas menos favorables para su desarrollo.

Aspergillus tiene la capacidad de degradar compuestos vegetales complejos y simples (Zhang et al., 2022), por lo tanto, se alimenta de diversos residuos orgánicos producidos a lo largo del ciclo de vida de la planta, que contienen altas cantidades de compuestos complejos, como celulosa y hemicelulosa (Afriliana et al., 2021). De igual forma, participan en el ciclo del fósforo degradando compuestos de carbono y nitrógeno en el suelo, para liberar fósforo como fosfato, que puede ser absorbido por las plantas (Castellanos et al., 2006).

Figura 5

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de Aspergillus spp., en diferentes sectores bananeros.



Especies del Género *Penicillium*

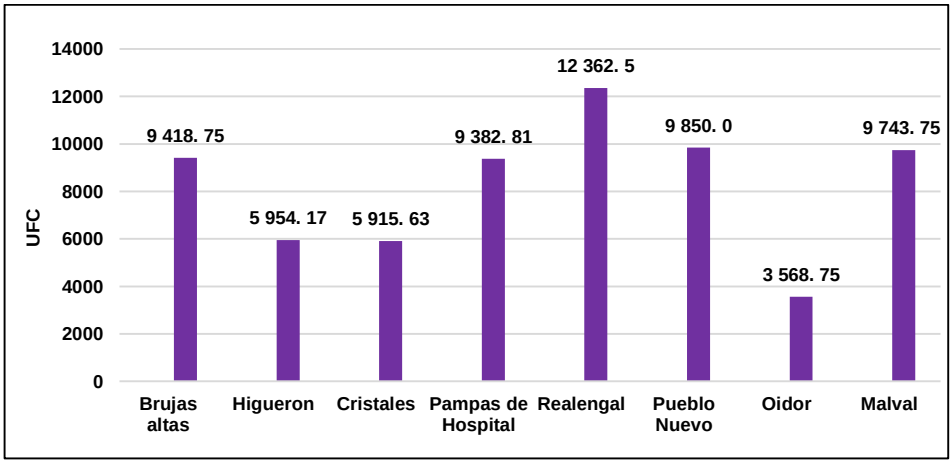
Penicillium es un género que incluyen una serie de especies, presentes en la microbiota del suelo, tiene la capacidad de degradar residuos vegetales que forman parte de la materia orgánica se alimenta de partes del cultivo que ha comenzado a descomponerse (Vásquez et al., 2019), prefiere tejidos secos o

en descomposición especialmente aquellos ricos en azúcares, celulosa (Rodríguez-Castro & Torres-Moreno, 2018) y almidón; produce enzimas hidrolíticas del tipo amilasas, xilanasas (Duque & Gutiérrez, 2011), celulasas (Alarcón-Gutierrez & Ramírez-Guillén, 2022) y lipasas (De Lera, 2011). Asimismo, participa en la movilización del fósforo y el nitrógeno del suelo contribuyendo al desarrollo nutricional de la planta (Delgado, 2016).

La presencia de este género en los sectores evaluados, se destaca por su presencia en el sector de Realengal con 12362.5 u.f.c., seguido de Pueblo Nuevo (9850 u.f.c) y Malval (9743.75 u.f.c) (Figura 6); los tejidos vegetales presentes en el suelo en proceso de degradación, son fuente para la presencia de estos organismos que participan degradando componentes de la pared celular como celulosa y hemicelulosa.

Figura 6

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de Penicillum spp., en diferentes sectores bananeros.



Especies del Género *Fusarium*

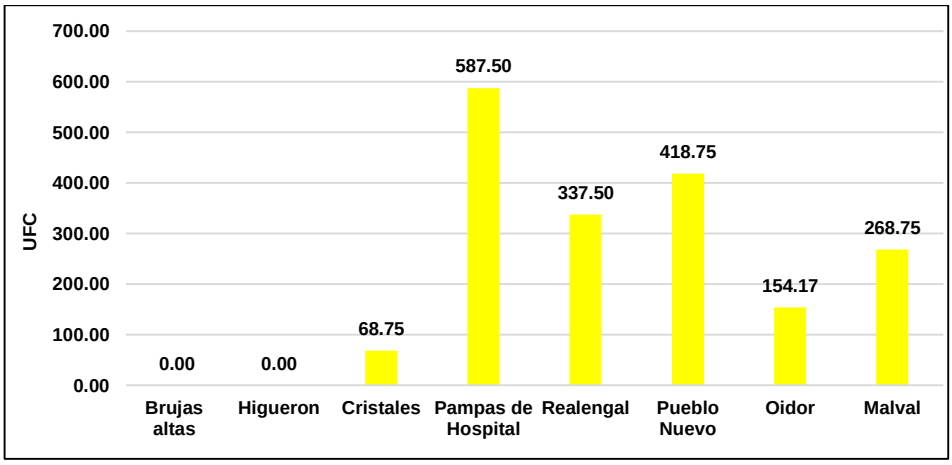
Los hongos del género Fusarium habitan en el suelo, en las plantas y los residuos vegetales. Contribuyen en la descomposición de la materia orgánica ayudando al reciclaje de nutrientes siendo crucial para mantener la fertilidad del suelo. Secreta enzimas extracelulares: endo B-1,4 glucanasa, B-glucosidasa (Vázquez et al., 1992), lipasas (Alarcón-Gutierrez & Ramírez-Guillén, 2022) y pectinasas.

A pesar que este Género es mayormente conocido como un hongo fitopatógeno, diversos estudios han demostrado que *Fusarium* también participa en el proceso de descomposición de la materia orgánica (Cruz, 2017). Se alimentan de tejidos vegetales vivos y muertos del cultivo de banano (Acaro & Cevallos,2025); además, participan en la sucesión microbiana.

El género fúngico evaluado mostró un mayor número de u.f.c. en el sector Pampas de Hospital (587.50 u.f.c.), seguido por Pueblo Nuevo (418.75 u.f.c) (Figura 7), en este estudio indica que *Fusarium* actúa como un organismo descomponedor, lo cual concuerda con lo reportado por Olmo-Ruiz et al. (2010), el desarrollo de este género en los sectores evaluados se atribuye a la presencia de condiciones edáficas favorables y disponibilidad de residuos vegetales. Por el contrario, que el Sector Brujas altas e Higuerón no se detectó presencia de *Fusarium*, lo que se sugiere diferencias en la composición microbiana y niveles de materia orgánica.

Figura 7

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de Fusarium spp., en diferentes sectores bananeros.



Especies del Género *Trichoderma*

El género *Trichoderma* es un complejo de hongos filamentosos y saprófitos, que cuenta con una alta densidad poblacional en el suelo (Sánchez-Hernández et al., 2018), de fácil adaptación y un rápido crecimiento en diferentes sustratos

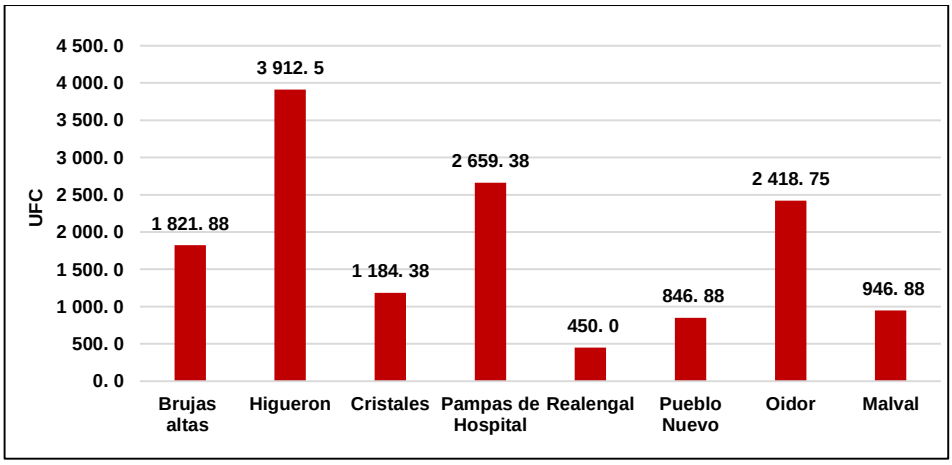
(Andrade-Hoyos et al., 2023). Además, tiene la capacidad de desarrollarse en diferentes rangos de temperatura, humedad y pH (Martínez et al., 2013).

Trichoderma no solo se caracteriza por ser un agente de control biológico, se caracteriza por ser antagonista e inhibir el desarrollo de otros organismos patógenos; genera enzimas capaces de degradar sustratos orgánicos sólidos compuestos por celulosa (40 a 50%), hemicelulosa (25 a 50%) y lignina (10 a 40%) (Hernandez-Melchor et al., 2019). Produce enzimas como celulasas, hemicelulasas, proteasas, β-1,3-glucanasa (Verma et al., 2007) y xilanasas (Contreras, 2016).

El sector Higuerón presentó un mayor número de ufc de *Trichoderma* (3912.5), seguido de Pampas de Hospital y Oidor. Se determinó que este género es responsable de la parte final de degradación de la materia orgánica (Figura 8), autores como Zúñiga & Cedeño (2021) señalan que hongos como *Trichoderma* son descomponedores de materia leñosa y herbácea, puede desarrollarse en tejido verde y seco, pero tiene una ligera preferencia por el tejido vegetal en descomposición, es decir, seco o parcialmente degradado.

Figura 8

Unidades formadoras de colonias de Trichoderma spp., (UFC/g) en diferentes sectores bananeros.



Especies de bacterias

Las bacterias tienen la capacidad para descomponer compuestos complejos en moléculas más simples que permiten la circulación de nutrientes y contribuyen a los ciclos bioquímicos (Química ecológica, s.f).

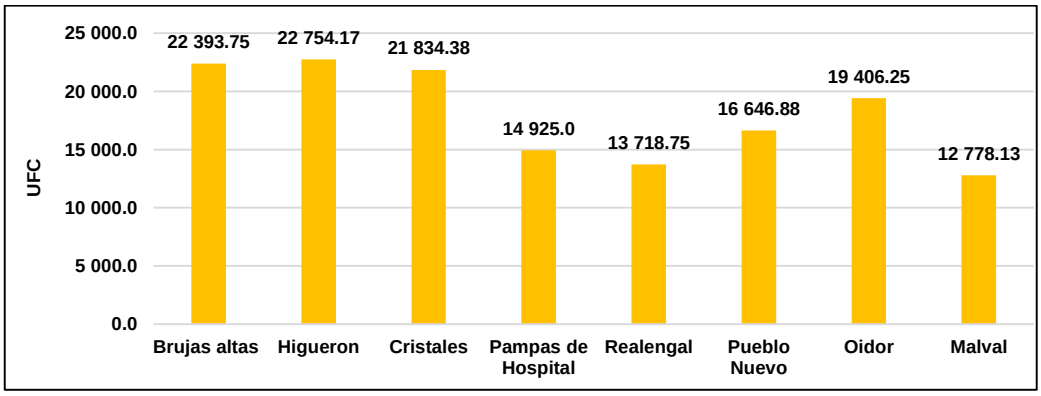
La cantidad de bacterias en la rizósfera y el suelo se debe a su rápido crecimiento y habilidad de utilizar un amplio rango de sustratos como fuentes de carbono o nitrógeno (Glick, 1995), dependiendo de factores como el tipo de suelo, la vegetación, el contenido de humedad, el tipo de labranza y fertilización (Killian et al., 2001).

Las bacterias secretan una variedad de enzimas lignocelulolíticos como las xilanasas, celulosas y proteasas (Contreras, 2016). En la investigación el mayor número de bacterias presentó el sector Higuerón (22754.17 u.f.c), seguido de Brujas y Cristales (Figura 9). Lo que indica que estos sectores presentaron mayor humedad y residuos vegetales frescos.

Las bacterias juegan un papel esencial en la degradación de la materia orgánica, actuando como recicladores de la naturaleza, descomponen restos orgánicos, como hojas, animales muertos, excrementos y residuos alimentarios (Paleologos et al., 2020), pero son dominantes en residuos frescos con abundante humedad (Laich, 2011)

Figura 9

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de bacterias, en diferentes sectores bananeros.

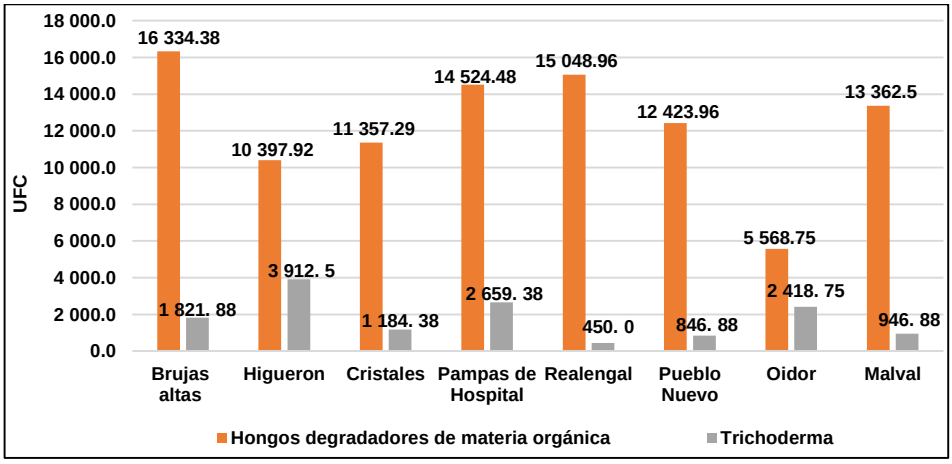


Población total de hongos en el suelo frente al género *Trichoderma.*

Comparando la población de total de hongos frente al género *Trichoderma*, se evidenció una mayor cantidad de u.f.c en los hongos degradadores de materia orgánica; siendo Brujas altas, el sector con mayor población de hongos del suelo (Figura 10). No se ha evidenciado una relación, entre las poblaciones de hongos comprometidos con la materia orgánica y las poblaciones de *Trichoderma* en el suelo, estas poblaciones dependen más de la presencia de nutrientes necesarios para su desarrollo que del tipo o la cantidad de materia orgánica presente.

Figura 10

Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/g) de hongos degradadores de Materia orgánica y Trichoderma, en los diferentes sectores de bananeros.

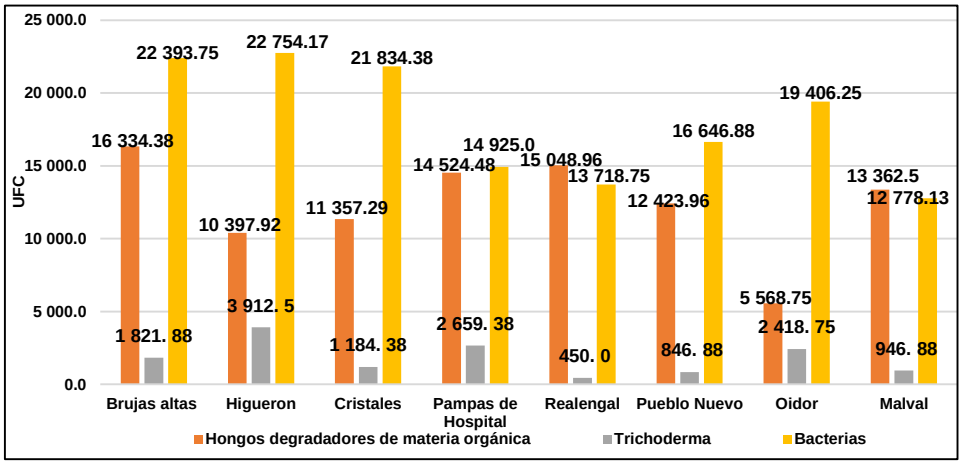


Población de hongos, *Trichoderma* y bacterias

Al comparar las poblaciones de hongos, *Trichoderma* y bacterias, se observó una mayor población de bacterias en sectores como Higueron, Brujas Altas y Cristales (Figura 11), pero la mayor diferencia entre la cantidad de u.f.c de bacterias y hongos se encontró en Sector oidor; se debe a la humedad de las parcelas al momento de realizar el muestreo que influenciaron en la cantidad de bacterias.

Figura 11

Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/g) hongos degradadores de Materia orgánica, Trichoderma y bacterias, en los diferentes sectores de bananeros

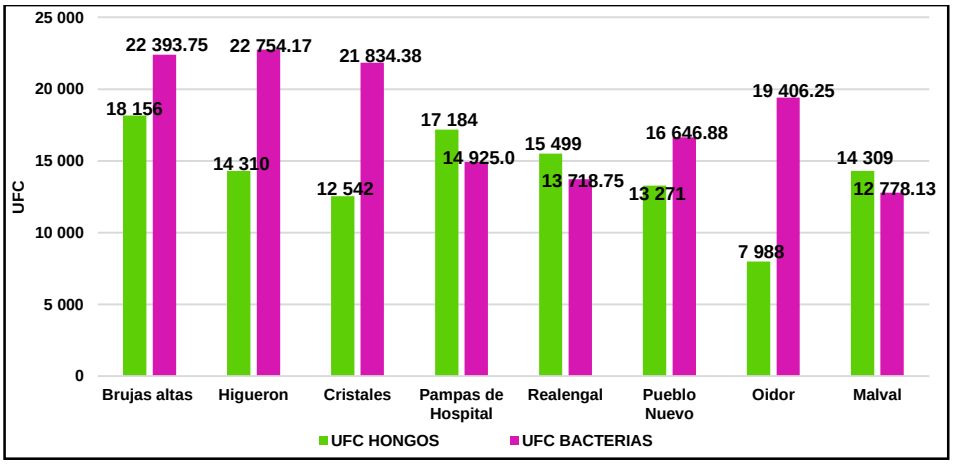


Población de hongos y bacterias

Según el estudio, las bacterias presentan una mayor población en los cinco sectores evaluados (Brujas Altas, Higuerón, Cristales, Pueblo Nuevo y oidor) (Figura 12), mientras que los sectores de Pampas de Hospital, Realengal y malval, registraron mayor cantidad de u.f.c., de hongos, se debe mayor disponibilidad de materia orgánica compleja como pseudotallo, raquis, frutos por el contenido lignocelulítico son degradadas eficientemente por hongos.

Figura 12

Unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias en diferentes sectores bananeros.

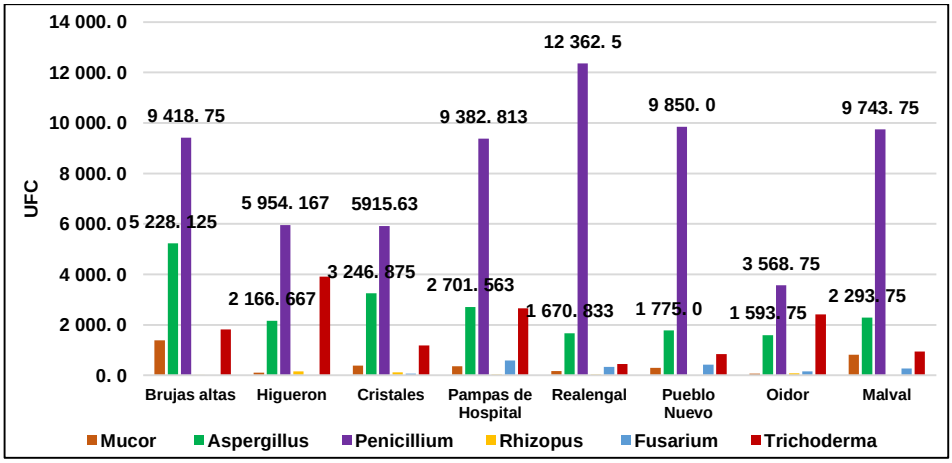


Diferentes microorganismos en los sectores de banano orgánico.

El siguiente Figura muestra los resultados de los sectores evaluados presentado un mayor número de unidades formadoras de colonias de *Penicillium* y *Aspergillus* (Figura 13), indicando una alta disponibilidad de materia orgánica en proceso degradación, debido a los residuos que se encontraban en suelos como raquis, pseudotallo, frutos de rechazo, fácil de degradar para estos géneros; además los sectores presentan factores climáticos favorables para la germinación de esporas y crecimiento. Este resultado coincide con lo reportado por Soto-Valenzuela et al. (2024), quienes también observaron la mayor presencia de estos dos géneros. Investigaciones indican que la población de *Penicillium* representa el 50% de los hongos del suelo, convirtiendo en una pieza clave en la dinámica microbiana del suelo (Alarcón-Aguirre & Ramírez-Guillén, 2022; Toghueo & Boyom, 2020).

Figura 13

Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de los diferentes microorganismos en los sectores de banano orgánico.



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIÓN

1. La evaluación realizada en los diferentes sectores muestreados en Tumbes, como: Brujas Altas, Higueron, Cristales, Pampas de Hospital, Realengal, Pueblo Nuevo, Oidor y Malval, se identificaron diversos géneros de hongos tal como los géneros *Mucor*, *Rhizopus, Aspergillus, Penicillium,* y *Fusarium*; *Trichoderma* y bacterias comprometidos con la degradación de la materia orgánica.

2. Los sectores Brujas Altas y Malval, registraron las mayores poblaciones de *Mucor*, con 1387.5 y 812.5 u.f.c., respectivamente.

3. La mayor población de *Rhizopus* se evidenció en el sector Higuerón con 162.5 u.f.c, mientras que, en los sectores de Pueblo Nuevo y Malval, no se detectó su presencia.

4. El sector Brujas Altas con 5228.13 u.f.c y Cristales con 3246.88 u.f.c, registraron las poblaciones más altas de *Aspergillus.*

5. La mayor presencia de *Penicillium* se presentó en el sector de Realengal con 12362.5 u.f.c., seguido de Pueblo Nuevo (9850 u.f.c) y Malval (9743.75 u.f.c).

6. La mayor población de *Trichoderma* se registró en el sector Higuerón (3912.5 u.f.c), seguido de Pampas de Hospital y Oidor.

7. La población total de hongos es mayor que la del género *Trichoderma*; siendo Brujas altas, el sector con mayor población de hongos del suelo. No se ha evidenciado una relación, entre las poblaciones de hongos comprometidos con la materia orgánica y las poblaciones de *Trichoderma*

en el suelo, estas poblaciones dependen más de la disponibilidad de nutrientes necesarios para su desarrollo que del tipo o la cantidad de materia orgánica presente.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIÓN

1. Realizar muestreos en diferentes épocas del año para evaluar como los parámetros ambientales afectan la diversidad microbiana, en especial los hongos degradadores de la materia orgánica.

2. Desarrollar estrategias de capacitación y difusión dirigidas a los agricultores, para concientizarlos sobre la riqueza biológica del suelo.

3. Realizar trabajos de investigación que identifiquen a nivel de especies utilizando métodos morfológicos y moleculares para seleccionar cepas con alta capacidad degradadora, para luego multiplicarlas e inocularlas en el suelo.

.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrego, N., Crosier, B., Somervuo, P., Ivanova, N., Abrahamyan, A., Abdi, A., Hämäläinen, K., Junninen, K., Maunula, M., Purhonen, J., & Ovaskainen, O. (2020). Fungal communities decline with urbanization-more in air than in soil. *The ISME journal, 14*(11), 2806–2815. https://doi.org/10.1038/s41396-020-0732-1

Acaro, B & Cevallos, S. (2025). Hongos asociados al cultivo de banano (*Musa spp.)*con potencial biotecnológico para el desarrollo de inoculantes. *Siembra, 12*(1), 1-17. https://doi.org/10.29166/siembra.v12i1.7053

Afriliana, A., Hidayat, E., Mitoma, Y., Masuda, T. & Harada, H. (2021). Studies on composting spent coffe grounds by *Aspergillus* sp and *Penicillium sp* in Aerobic Static Batch Temperature Control. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 10*(1), 91-112. https://doi.org/10.4236/jacen.2021.101007

Alarcón-Aguirre, E. & Ramirez-Guillén, F. (2022, 19 de octubre). Los hongos en los ecosistemas. Cronica. (En línea). https://www.cronica.com.mx/academia/hongos-ecosistemas.html

Álvaro, G. J. (2019, 18 de julio). Microorganismos, los grandes desconocidos de nuestro suelo.

Álvarez, C & Rimski-Korsakov (2016). Manejo de la fertilidad de suelo en planteos orgánicos. 1ra edición. Universidad de Buenos Aires. 137-138. Pg. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf

Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. Martínez-Salgado, S., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en la campo mexicano. *Revista argentina de Microbiología, 55*.366-377. https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005

Andrade-Quiñones, Y., Hidalgo, A., & Herrera, C. (2019). Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musaceae paradisiaca* l). *Revista*

Sistemas de Producción Agroecológicos, 1(1), 18-47. https://doi.org/10.22579/22484817.723

Babalola, O. O., Fadiji, A. E., Enagbonma, B. J., Alori, E. T., Ayilara, M. S., & Ayangbenro, A. S. (2020). The Nexus Between Plant and Plant Microbiome: Revelation of the Networking Strategies. *Frontiers in microbiology, 11*, 548037. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.548037

Baćmaga, M., Wyszkowska, J., Borowik, A., & Kucharski, J. (2022). Effects of Tebuconazole Application on Soil Microbiota and Enzymes. *Molecules (Basel, Switzerland), 27*(21), 7501. https://doi.org/10.3390/molecules27217501

Bhattacharjee, A., Dubey, S., & Sharma, S. (2022). Storage of soil microbiome for application in sustainable agriculture: prospects and challenges. [Resumen]. *Environmental science and pollution research international, 29*(3), 3171–3183. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17164-4

Borrero, C., & Silva H.(2005). Efectos de Trichoderma (in vitro) en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisol clase IV del piedemonte llanero. *Orinoquia, 9*(2), 6-14. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89690202

Bononi, L., Chiaramonte, J., Pansa, C., Moitinho, M., & Melo, I. (2020). Phosphorus-solubilizing Trichoderma spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific reports,10*(1), 2858. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59793-8

Botha, A. & Botes, A. (2014). Mucor. *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition). 2,* 834-840. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00228-7

Camacho, A., Martínez, L., Ramírez-Saad,H., Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana, 32*(4), 291-300. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400291&lng=es&tlng=es

Cano-Hernández, M., Bennet-Eaton, A., Silva-Guerrero, E., Robles-González, S., Sainos-Aguirre, U., & Castorena-García, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia, 50*(4), 471-479. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=30246030008

Castellanos Gónzalez, L., Lorenzo Nicao, M., & López Mesa, M. (2006). Especies del género *Aspergillus* asociadas con suelos agrícolas de la provincia de Cienfuegos. *Centro Agrícola,* 33(4), 89-90.

Cavicchioli, R., Ripple, W., Timmis, K., Azam, F., Bakken, L., Baylis, M., Behrenfeld, M., Boetius, A., Boyd, P., Classen, A., Crowther, T., Danovaro, R., Foreman, C., Huisman, J., Hutchins, D., Jansson, J., Karl, D., Koskella, B., Mark Welch, D., Martiny, J., ... Webster, N. (2019). Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. Nature reviews. *Microbiology*, *17*(9), 569–586. https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5

Costa Junior, J. M., Gonzalez, A. C., Exime, E., Costa, M. L.., Reis, C. M. dos, Ahlert, A., & Mattia, V. (2021). Organic agriculture in west Paraná: a study on the municipality of Marechal Cândido Rondon. *Research, Society and Development, 10*(14), e405101422071. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22071

Contreras Leiva, Francisca. (2016). *Purificación y caracterización de xilanasas extracelulares provenientes de bacterias extremofilas.* [Grado de magister: Universidad de Chile].

Crowther, T. W., van den Hoogen, J., Wan, J., Mayes, M. A., Keiser, A. D., Mo, L., Averill, C., & Maynard, D. S. (2019). The global soil community and its influence on biogeochemistry*. Science (New York, N.Y.), 365*(6455), eaav0550. https://doi.org/10.1126/science.aav0550

Cruz Gómez, F. (2019). Identificación de microorganismos del suelo presentes en la parcela “El Ocotal”. Universidad Autónoma Metropolitana https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26189

Cruz Salas, A. (2017). *Degradación de resuiduos de jardinería de la UAM-A mediante hongos ligninolíticos*. [Optar titulo de ingeniero]. Universidad Autónoma Metropolitana.

Cucalón, A., & Blay, C. (2020). Actualización en microbioma y microbiota para el médico de familia. *Med Gen Fam. 9*(2). https://mgyf.org/actualizacion-en-microbioma-y-microbiota-para-el-medico-de-familia-i/

Delgado, M. (2016). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. https://portalcamaronero.com/wp-content/uploads/2016/10/Los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutrici%C3%B3n-vegetal.pdf

De Lera, A. (2011). Capitulo I. Las enzimas. *Aplicaciones enzimáticas en procesos*

de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa. (41-137). [Tesis doctoral]. Universidad del Pais Vasco. https://addi.ehu.es/handle/10810/14292

Duque, J., & Gutiérrez, J. (2011). Diseño de un medio de cultivo para la producción de biomasa y conidos de *Penicillium* sp. aislados de suelos de arroz del Tolima. [Tesis, Pontificia Universidad Javeriana-Bogota].

Escobar, N., Mora, J., & Romero, N. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 16*(1), 75-88. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000100006&lng=en&tlng=es.

Fernandes, M., Bastida, F., Jehmlich, N., Martinović, T., Větrovský, T., Baldrian, P., Delgado-Baquerizo, M., & Starke, R. (2022). Functional soil mycobiome across ecosystems. *Journal of proteomics, 252*, 104428. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104428

Frąc, M., Hannula, S., Bełka, M., & Jędryczka, M. (2018). Fungal Biodiversity and Their Role in Soil Health. *Frontiers in microbiology, 9*, 707. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707

Galecio-Julca, M., León-Huamán, K., & Aguilar-Anccota-Anccota, R. (2020). Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (Musa spp. L.). *Manclar. 17*(4): 301-306. http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.045

García, Laura. (2018). *Búsqueda de nuevas feruloil esterasas fúngicas con aplicaciones biotecnológicas.* [Tesis doctoral, Universidad de León]. http://hdl.handle.net/10612/9641

Garro, Jorge. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. P.39

Gómez, A., Silvia F., Sarmiento G., Leonardo, C., & Diana C., (2014). Caracterización de microorganismos celulolíticos y amilolíticos de residuos sólidos orgánicos dispuestos en la planta Ecosangil del municipio de San Gil, Santander.

González-García, H., González-Pedraza, A., Rodríguez-Yzquierdo, G., León-Pacheco, R., & Betancourt-Vásquez, M. (2021). Vigor en plantas de plátano

(musa aab cv Hartón). Y su relación con características físicas, químicas y biológicas del suelo. *Agromia costarricense, 45*(2), 115-134. https://doi.org/10.15517/RAC.V45I2.47772

Grande, C. (2016). *Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales*. Universidad de San Buenaventura-Colombia. 180p. https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/5baac6ba-065e-4f8f-822d-4a9f0b82441d/content

Hassani, M., Durán, P., & Hacquard, S. (2018). Microbial interactions within the plant holobiont. *Microbiome, 6*(1), 58. https://doi.org/10.1186/s40168-018-0445-0

Hemkemeyer, M., Schwalb, S. A., Heinze, S., Joergensen, R. G., & Wichern, F. (2021). Functions of elements in soil microorganisms. *Microbiological research, 252*, 126832. https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126832 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34508963/

Hernández-Melchor, D., Ferrrera-cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnólogica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences. 35*(1), 98-112. http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRARIAS-CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICAS (ICA-CSIC). (2018). Los microorganismos del suelo: ¿influyen las enmiendas orgánicas sobre la actividad biológica del suelo?. CIUDADCIENCIA. https://www.ciudadciencia.es/wp-content/uploads/2018/12/FICHA-3_LOS-MICROORGANISMOS-DEL-SUELO_CC.pdf

Jansson, J. K., & Hofmockel, K. S. (2018). The soil microbiome from metagenomics to metaphenomics. *Current Opinion in Microbiology, 43*, 162–168. https://doi.org/10.1016/j.mib.2018.01.013

Jazmín-Marín, D. (2019). Impacto del Uso de Biofertilizantes a Base de Residuos Orgánicos en los Suelos. *Conciencia Tecnológica,* (58),47-50. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94461547008

Khatoon, H., Solanki, P., Narayan, M., Tewari, L., Rai, J., & Hina Khatoon, C. (2017). Role of microbes in organic carbon decomposition and maintenance of soil ecosystem. *International Journal of Chemical Studies, 5*(6), 1648-1656

Kong, Y., Kuzyakov, Y., Ruan, Y., Zhang, J., Wang, T., Wang, M., Guo, S., Shen, Q., & Ling, N. (2020). DNA Stable-Isotope Probing Delineates Carbon Flows from Rice Residues into Soil Microbial Communities Depending on Fertilization. *Applied and environmental microbiology, 86*(7), e02151-19. https://doi.org/10.1128/AEM.02151-19

Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. *Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.ICIA*,1-7. https://www.fermojica.com/he/media/microorg.pdf

Lareen, A., Burton, F., & Schäfer, P. (2016). Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes. *Plant molecular biology, 90*(6), 575–587. https://doi.org/10.1007/s11103-015-0417-8

Lima, L. M. S., Okamoto, D. N., Passarini, M. R. Z., Gonçalves, S. S., Goldman, G. H., Silveira, M. A. V., Ramos, P. L., Cruz, J. B., Juliano, M., Marcondes, M. F. M., & Vasconcellos, S. P. (2022). Enzymatic diversity of filamentous fungi isolated from forest soil incremented by sugar cane solid waste. *Environmental technology, 43*(20), 3037–3046. https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1914179

Lindahl, B., & Tunlid, A. (2015). Ectomycorrhizal fungi - potential organic matter decomposers, yet not saprotrophs. *The New phytologist, 205*(4), 1443–1447. https://doi.org/10.1111/nph.13201

Maldonado, A. (2015). “Estudio comparativo del impacto ambiental en una hacienda bananera orgánica versus una hacienda bananera de manejo convencional” [Tesis optar titulación]. Universidad Técnica Particular de Loja. Quito - Ecuador.

Manjarrés, K., Piñeros, Y., & Rodríguez-Sandoval, E. (2011). Evaluación del complejo enzimático producido mediante el cocultivo de *Aspergillus* sp. y Trichoderma sp. en fase sólida sobre residuos de palma. *Bioagro*, *23(1),* 19-26. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131633612011000100003&lng=es&tlng=es.

Manzoor, M., Gul, I., Kallerhoff, J., & Arshad, M. (2019). Fungi-assisted phytoextraction of lead: tolerance, plant growth–promoting activities and phytoavailability. *Environmental Science and Pollution Research, 26*:23788-23797. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05656-3

Marín, S., Bertsch, F., & Castro, L. (2017). Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un andisol y el cultivo de papa en invernadero. *Agronomía Costarricense, 41*(2), 27-46. http://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.31298

Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, *28*(1), 1-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001&lng=es&tlng=es.

Méndez-Matías, A., Robles, C., Ruíz-Vega, J., & Castañeda Hidalgo, E. (2018). Compostaje de residuos agroindustrales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la realción C/N. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(2).

Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A., Ruelas-Ayala, R., & Félix-Herrán, J. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotecnia, 22*(1), 17-23. https://doi.org/10.7440/res64.2018.03

Montoya-Castrillón, M., Serna-Vasco, K., & Pinilla, L. (2021). Isolation and characterization of filamentous fungi from wood and soil samples of “La Lorena”, Sonsón, Antioquia (Colombia), natural reserve. *DYNA, 88*(219), 171-180. https://doi.org/10.15446/dyna.v88n219.96144

Mukrimin, M., Gusmiaty, G & Patandean, H. (2021). Ability of rhizosphere fungi isolated from *Swietenia mahagoni* litter to produce organic matter-degradating enzymes. *Earth and Environmental Science*. 807. 022030. 10.1088/1755-1315/807/2/022030.

National Human Genome Research Institute. (2023, 26 de april). https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Microbioma

Olaya, J. (2023). LA AGRICULTURA ECOLÓGICA EN EL PERÚ: Una alternativa jurídica para la preservación del medio ambiente.

Olmos-Ruiz, M., Cifuentes-Blanco, J., Vidal-Gaona, G., & Rosique-Gil, E. (2010). Micromicetos del suelo de una plantación de plátano (*Musa paradisiaca)* en Teapa, Tabasco, México. *Revista mexicana, 81*(1), 97-102.

Osorio-Vega, N. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones

de Café (Eds.), Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero (43–71). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0003_3

Ossowicki, A., Raaijmakers, J., & Garbeva, P. (2021). Disentangling soil microbiome functions by perturbation. *Environmental microbiology reports, 13*(5), 582–590. https://doi.org/10.1111/1758-2229.12989

Oszust, K., Pylak, M., & Frąc, M. (2021). Trichoderma Based Biopreparation with Prebiotics Supplementation for the Naturalization of Raspberry Plant Rhizosphere. *International journal of molecular sciences, 22*(12), 6356. https://doi.org/10.3390/ijms22126356

Paleologos, M., Iermanó, M., & Gargoloff, N. (2020). Capitulo 7:El componente heterotrófico de la biodiversidad. En S. J. Sarandón (Ed.), *Biodeversidad, agroecología y agricultura sustentable* (pp. 135-164). Universidad Nacional de la Plata.

Paolini, J. (2018). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Terra Latinoamericana, 36*(1), 13-22. https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.257

Petrikkos, G., & Tsioutis, C. (2018). Recent Advances in the Pathogenesis of Mucormycoses. *Clinical Therapeutics*, *40*(6), 894-902. https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2018.03.009

Química ecologica. S,F. Bacterias degradadoras: cómo ayudan a la descomposición de materia orgánica. https://quimicaecologica.com/bacterias-degradadoras-como-ayudan-a-la-descomposicion-de-materia-organica/#:~:text=Las%20bacterias%20degradadoras%20desempe%C3%B1an%20un,contribuye%20a%20los%20ciclos%20biogeoqu%C3%ADmicos.

Ramos, L. (2022). Efecto de un inoculante biológico y microorganismos eficientes en la mezcla con un antagonista y un hongo entomopatógeno para el control de Meloidogyne spp., y Pratylenchus sp., en banano orgánico en Tumbes. [Tesis optar titulación]. Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes, Perú.

Ramos, D., Terry, E., Soto, F & Cabrera, J. (2014). Bocashi: Abono orgánico elaborado a partir de los residuos de la producción de plátanos en bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales, 35*(2), 90-97.

https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193230070011

Rani, R., & Ghosh, S. (2011). Productión of phytase under solid-state fermentation using Rhizopus oryzae: novel strain improvement approach and studies on purification and characterization. *Bioresource technology, 102*(22), 10641-10649. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.075

Reinoso, M. (2017). Evaluación in vitro de extractos de cáscara de banano para control de Rhizopus spp., durante poscosecha en tomate (Solanum lycopersicum). [Tesis para optar titulación]. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.

Rivas-Nichorzon, M., González, M., Belloso, G., & Silva-Acuña, R. (2017). Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (*Eichhornia crassipes*), residuos de café y de jardinería. *Revistas científicas, 29*, 358-366.

Rodriguez-Castro, B. & Torres-Moreno, F. (2018). Evaluación de *Penicillium* sp. como degradador de celulosa en el proceso de compostaje de residuos orgánicos de origen vegetal en la localidad 20 de Bogotá. Revista de la Facultad de Agronomía.

Rodríguez, R., Ibarra, L., Rodríguez, B & Alvarado, S (2017). Trichoderma SP. Como agente de control biológico del mal de panamá en Banana. Universidad Tecnocientífica del Pacifico.

Sánchez de Prager, M,. Perea, E,. Prager, M., Ángel, D., Ortiz, J., Miller, J., Sanclemente, O., & Mrín, E. (2020). Capitulo 2: Biodiversidad del suelo. Su importancia para el manejo sustentable de agroecosistemas. En S. J. Sarandón (Ed.), *Biodeversidad, agroecología y agricultura sustentable* (pp. 37-51). Universidad Nacional de la Plata.

Sánchez-Hernández, L., Arias, R., Rosique, J., & Pacheco, C. (2018). Diversidad del género *Trichoderma* (Hypocraceae) en un Área Natural Protegida en Tabasco, México. *Acta Botánica Mexica*, *123*, 167-182. https://doi.org/10.21829/abm123.2018.1269

Sánchez, O., Ospina, D., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. Waste management (New York, N.Y.), *69*, 136–153. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012

Shah, F., Nicolás, C., Bentzer, J., Ellström, M., Smits, M., Rineau, F., Canbäck, B.,

Floudas, D., Carleer, R., Lackner, G., Braesel, J., Hoffmeister, D., Henrissat, B., Ahrén, D., Johansson, T., Hibbett, D., Martin, F., Persson, P., & Tunlid, A. (2016). Ectomycorrhizal fungi decompose soil organic matter using oxidative mechanisms adapted from saprotrophic ancestors. *The New phytologist, 209*(4), 1705–1719. https://doi.org/10.1111/nph.13722

Segaran, G., & Sathiavelu, M. (2019). Fungal endophytes: A potent biocontrol agent and a bioactive metabolites reservoir. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101284

Soto-Valenzuela, J., Álvarez-Vera, M., Vasquez, J. , & Ricardo, G. (2024). Evaluación físico, químico y microbiológico del suelo en cultivos de *Musa Paradisiaca* Cavendish y *Elaeis guineensis* Jac. Provincia de los Rios. *Revistas de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, 8*(22), 110-125. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.252

Tan, S., Narayanan, M., Thu Huong, D., Ito, N., Unpaprom, Y., Pugazhendhi, A., Lan, N., & Liu, J. (2022). A perspective on the interaction between biochar and soil microbes: A way to regain soil eminence. *Environmental research, 214*(2), 113832. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113832

Treseder, K., & Lennon, J. (2015). Fungal traits that drive ecosystem dynamics on land. Microbiology and molecular biology reviews: *MMBR, 79*(2), 243–262. https://doi.org/10.1128/MMBR.00001-15

Toghueo, R., & Boyom, F. (2020). Endophytic *Penicillium* species and their agricultural, biotechnological, and pharmaceutical applications. *Biotech, 10*(3), 107. https://doi.org/10.1007/s13205-020-2081-1

Van Rijssel, S., Veen, G., Koorneef, G., Bakx-Schotman, J., Ten Hooven, F., Geisen, S., & van der Putten, W. (2022). Soil microbial diversity and community composition during conversion from conventional to organic agriculture. *Molecular ecología, 31*(15), 4017–4030. https://doi.org/10.1111/mec.16571

Vázquez, C. Sellek, R & Fernández, N. (1992). Enzimas que degradan paredes vegetales en *Fusarium Oxysporum. Bol. San. Veg. Plagas, 18*; 693-698.

Vásquez , G., Torres, J., Quesquén, C., & Alvarado, J. (2019). Identificación de Microorganismos Descomponedores de la Materia Orgánica en el Centro Académico de Investigación y Ecoturismo Biodiversidad de la UNSM – T. [Informe de Investigación]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Vega, J. (2016). “Evaluación de microorganismos nativos en el proceso de degradación de materia orgánica en compostaje del relleno sanitario en el GAD del cantón de la Joya de los Sachas”. [Optar el título de ingeniero]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4949

Vigueras-Morales, Y., Tovar-Jiménez, X., Ramirez-Vargas, M., Mercado-Flores, Y. (2019). Chaper I. Proteolytic enzymes; Generalities and the importance of the fungal aspartyl proteases. *La ciencia y las mujeres de Mexico.* https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV_1.pdf

Wang, L., & Li, X. (2019). Steering soil microbiome to enhance soil system resilience. *Critical reviews in microbiology, 45*(5-6), 743–753. https://doi.org/10.1080/1040841X.2019.1700906

Xia, Y., Sahib, M., Amna, A., Opiyo, S., Zhao, Z., & Gao, Y. (2019). Culturable endophytic fungal communities associated with plants in organic and conventional farming systems and their effects on plant growth. *Scientific reports, 9*(1), 1669. https://doi.org/10.1038/s41598-018-38230-x

Yan, T., Xue, J., Zhou, Z., & Wu, Y. (2021). Biochar-based fertilizer amendments improve the soil microbial community structure in a karst mountainous area. *The Science of the total environment*, *794*, 148757. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148757

Yin, Y., Yuan, Y., Zhang, X., Huhe, Cheng, Y., & Borjigin, S. (2022). Comparison of the Responses of Soil Fungal Community to Straw, Inorganic Fertilizer, and Compost in a Farmland in the Loess Plateau. *Microbiology spectrum, 10*(1), e0223021. https://doi.org/10.1128/spectrum.02230-21

Zhang, Y., Chen, M., Guo, J., Liu, N,. Yi, W,. Yuan, Z,. Zeng L. (2022). Study on dynamic changes of microbial community and lignocellulose transformation mechanism during green waste composting. *Engineering in Life Sciences. 22*(5), 376-390. https://doi.org/10.1002/elsc.202100102

Zúñiga-Castro, K., & Quirós-Cedeño, G. (2021). Los hongos como elementos clave en la productividad del suelo, la agricultura y el bienestar social. *Biocenosis, 32*(1), 46–58. https://doi.org/10.22458/rb.v32i1.3548