

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE MAÍZ CON
MANEJO CONVENCIONAL, CULTIVO DE ALFALFA EN DESCANSO,
UBICADO EN CHILLÁN REGIÓN DE ÑUBLE DURANTE SEPTIEMBRE-
DICIEMBRE 2024**

PILAR MACARENA BATISTA GONZÁLEZ

HABILITACIÓN PROFESIONAL
PRESENTADA A LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

CHILLÁN-CHILE

2024

**“ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE MAÍZ CON
MANEJO CONVENCIONAL, CULTIVO DE ALFALFA EN DESCANSO,
UBICADO EN CHILLÁN REGIÓN DE ÑUBLE DURANTE SEPTIEMBRE-
DICIEMBRE 2024”.**

Aprobado por:

Pedro Aqueveque Muñoz
Profesor de Biología. Dr.
Profesor Asociado

Profesor Guía.

Luis Seminario Salas
Ingeniero en Industrias Alimentarias, Mg.
Profesor Asistente

Profesor Asesor

Héctor Andrés Valenzuela Bravo
Ingeniero Ambiental, Mg. (c)
Evaluador Externo.

Profesor Asesor

Juan Antonio Cañumir Veas
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Asociado.

Director de Departamento.

Octavio Lagos
Ingeniero Civil Agrícola, Ph. D.
Profesor Titular.

Decano.

ÍNDICE DE MATERIAS

Página

RESUMEN.	1
ABSTRACT.	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. HIPÓTESIS.	7
3. OBJETIVOS.	7
3.1 Objetivo General.	7
3.2 Objetivo Específico.....	7
4. ANTECEDENTES GENERALES.....	8
4.1.1 Área de estudio	9
4.1.2 Toma de muestras.	9
4.1.3 Tratamiento de las muestras.	10
5. RESULTADOS.....	14
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	19
7. CONCLUSIÓN.	37
8. BIBLIOGRAFÍA.	39

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Resultado de las cepas identificadas de cada muestreo y la frecuencia que presentaron en los tres meses de muestreo.....	15
Tabla 2. Indicador de la cantidad de microorganismos vivos en 1 ml de dilución de suelo con agua peptonada.....	17
Tabla 3. Resultados del cálculo de los índices de biodiversidad, con la fórmula de Shannon-Wiener.....	18
Tabla 4. Cepas de hongos no identificadas pertenecientes al suelo de maíz y alfalfa.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS.

Página

Figura 1. Captura de pantalla de polígonos de zonas de muestreo realizada en Google Earth.....	14
Figura 2. Gráfico que muestra la cinética de crecimiento de hongos en los suelos de maíz y alfalfa durante el estudio.....	20
Figura 3. Valores de índices de biodiversidad, ordenados por número de muestreo y suelo, en un gráfico de barras.	22
Figura 4. Gráfico de barras que representa el número efectivo de especies de cada suelo en cada muestreo.	23
Figura 5. Diferencia efectiva de especies entre los suelos de maíz y alfalfa en los tres muestreos.....	24
Figura 6. Gráfico de relación entre el total de individuos y el índice de biodiversidad en los suelos de alfalfa y maíz a lo largo de los muestreos.	25
Figura 7. Partes de un hongo Hifa (1), Conidióforo (2), Fiálide (3), Conidia (4) y Septos (5), Fuente: (Penicillium, 2025).	30
Figura 8. Distintas cepas de Penicillium spp, identificadas en el estudio. Fuente propia.....	31
Figura 9. Características morfológicas de Aspergillus niger, Fuente propia ..	32
Figura 10. Ejemplares del género Fusarium spp. de los muestreos de suelos de alfalfa y maíz. Fuente propia.	33

Figura 11. Esporas pertenecientes al género <i>Fusarium</i> spp., Fuente propia.	33
Figura 12. Ejemplares del género <i>Trichoderma</i> spp, de los muestreos de suelo de alfalfa y maíz, Fuente propia.	34

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Página

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g)	12
Ecuación 2. Fórmula de Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener.....	13

**“ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN SUELOS AGRÍCOLA DE MAÍZ CON
MANEJO CONVENCIONAL, CULTIVO DE ALFALFA EN DESCANSO,
UBICADO EN CHILLÁN REGIÓN DE ÑUBLE.”**

“MICROBIOLOGICAL ANALYSIS IN AGRICULTURAL SOILS OF CORN
WITH CONVENTIONAL MANAGEMENT, ALFALFA CROP IN FALL,
LOCATED IN CHILLÁN, ÑUBLE REGION DURING SEPTEMBER-
DECEMBER 2024”

Palabras clave: Biodiversidad fúngica, índice de biodiversidad, dilución
seriada, agricultura, cultivo maíz, cultivo alfalfa.

RESUMEN.

La calidad del suelo agrícola es esencial para el desarrollo de los cultivos, donde el reino fungí juega un rol clave para descomponer materia orgánica, nutrir plantas y defenderlas de patógenos. El análisis del microbiota ayuda a entender las necesidades del suelo y a mejorar las prácticas agrícolas para optimizar la calidad de los cultivos.

En la región de Ñuble, Chile, se estudiarán dos tipos de suelos con diferentes manejos: un cultivo activo de maíz con manejo convencional, un cultivo de alfalfa en descanso. Estos lugares fueron seleccionados debido a sus diferencias en el manejo agrícola, siendo relevante analizar la cinética microbiológica del suelo para determinar las diferencias en su actividad microbiana asociada al estado de los suelos.

El estudio se concentrará en evaluar la actividad microbiológica y la biodiversidad fúngica mediante el uso de técnicas de muestreo, diluciones seriadas y el cálculo del índice de biodiversidad de Shannon, Este índice permitirá medir la diversidad de especies, proporcionando información valiosa sobre la salud y resiliencia de los suelos, así como su capacidad para soportar prácticas agrícolas sostenibles.

**“MICROBIOLOGICAL ANALYSIS IN AGRICULTURAL SOILS OF CORN
WITH CONVENTIONAL MANAGEMENT, ALFALFA CROP IN FALL,
LOCATED IN CHILLÁN, ÑUBLE REGION DURING SEPTEMBER-
DECEMBER 2024”**

Keywords: Fungal biodiversity, biodiversity index, serial dilution, agriculture, corn cultivation, alfalfa cultivation.

ABSTRACT.

The quality of agricultural soil is essential for crop development, where the fungal kingdom plays a key role in decomposing organic matter, nourishing plants, and defending them against pathogens. Microbiota analysis helps understand soil needs and improve agricultural practices to optimize crop quality.

In the Ñuble region of Chile, two types of soils with different management will be studied: an active corn crop with conventional management and a fallow alfalfa crop. These sites were selected due to their differences in agricultural management, making it important to analyze soil microbiological kinetics to determine differences in microbial activity associated with soil condition.

The study will focus on evaluating microbiological activity and fungal biodiversity through sampling techniques, serial dilutions, and the calculation of the Shannon Biodiversity Index. This index will measure species diversity,

providing valuable information on soil health and resilience, as well as their capacity to support sustainable agricultural practices.

1. INTRODUCCIÓN.

La calidad de los suelos agrícolas es fundamental para el desarrollo y la productividad de los cultivos, siendo los microorganismos, particularmente los hongos, un componente esencial en este proceso. Estos organismos no solo participan en la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, sino que también influyen en la nutrición de las plantas y en la defensa contra patógenos. (Higa and Parr, 2013)

El estudio del microbiota fúngico del suelo permite comprender mejor las necesidades del suelo y orientar prácticas agrícolas que optimicen su calidad. La presencia y actividad de diferentes hongos pueden ser indicadores clave de la salud del suelo, afectando no solo el crecimiento de las plantas, controlan las reservas de carbono orgánico, evitan la entrada y desarrollo de patógenos de suelo de plantas. (Quintero García ,2021)

Este análisis está enfocado en la región de Ñuble, Chile, donde se han seleccionado dos tipos de suelos con diferentes manejos: un cultivo activo de maíz y cultivo de alfalfa en descanso. Se pretende identificar las diferencias en la actividad microbiológica y evaluar la calidad de estos suelos, debido a que la presencia de diferentes hongos actúa como bioindicadores, donde se refleja las condiciones del suelo, el estado nutricional y existencia de posibles factores de estrés.

Mediante el muestreo y la aplicación de técnicas de dilución seriada, se aislaron y cuantificaron los hongos presentes, proporcionando información valiosa sobre el estado microbiológico de cada tipo de suelo.

Existen tipos de hongos que se encuentran en el suelo, los llamados saprofitos y patógenos, donde los hongos patógenos actúan en el suelo y rizosfera causando la reducción de las cosechas y afectando su calidad (Pfenning and Magalhães, 2000), en cambio los hongos saprofitos obtienen nutrientes al consumir materia vegetal en descomposición lo cual garantiza una mejor calidad del suelo para los organismos que crecen en él. Existen hongos que suprimen la acción de hongos patógenos llamados antagonistas, los cuales reducen la incidencia de las enfermedades provocadas por hongos patógenos. (María Antonia Flores-Córdova et al., 2023)

Las plagas y enfermedades reducen la producción de cultivos, y para prevenir los efectos devastadores de estos organismos se emplean agroquímicos que están esbozados para controlar dichas plagas y enfermedades. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos puede provocar la disminución de microorganismos benéficos del suelo, entre ellos los hongos. (Chaves-Bedoya, Ortíz-Moreno et al., 2013)

2. HIPÓTESIS.

Los suelos agrícolas presentan diferencias en su microbiota fúngica, la cual se relaciona con el tipo de cultivo, tratamientos aplicados también influye la estacionalidad.

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo General.

Estudiar y comparar la microbiota fúngica de dos suelos agrícolas con diferentes usos en la región de Ñuble, durante septiembre-diciembre 2024.

3.2 Objetivo Específico.

- Identificar los hongos que habitan en los dos suelos agrícolas de la región de Ñuble.
- Comparar la biodiversidad fúngica de los dos suelos agrícolas.

4. ANTECEDENTES GENERALES.

Los microorganismos influyen en el desarrollo y la nutrición de los cultivos que se introducen en esos suelos, al plantar diversos cultivos suministran sustratos energéticos al suelo lo que beneficia el crecimiento de microorganismos en la rizosfera, y esto es debido a los compuestos orgánicos que se liberan por las raíces. Tanto diversas bacterias como hongos representan unos de los indicadores de calidad de los suelos, estos presentan diversas funciones, en concreto los hongos su principal función es descomponer y mineralizar los residuos orgánicos recién incorporados al suelo.

La presencia de hongos en los cultivos incluye el aumento en la cantidad de raíces de las plantas, también son una protección contra el ataque de patógenos. El estudio y análisis de microorganismos en diversos cultivos permiten comprender que necesidades tiene el suelo y que cuidados se debe tener en el cultivo para mejorar la calidad del suelo, así de igual forma la comparación de distintos tipos de suelos.

En la región de Ñuble aproximadamente tiene una superficie total de 13.178,5 Km² de la cual 29,6% de la superficie total tienen uso agrícola. (Estrategia Regional de Desarrollo Región de Ñuble, 2020 -2028, n.d.)

4.1 METODOLOGÍA.

4.1.1 Área de estudio

Los cultivos de maíz y alfalfa que fueron analizados se encontraban en la zona urbana de la ciudad de Chillán, en la región de Ñuble. Sus coordenadas geográficas son: Cultivo de maíz -36.596478° , -72.080939° ; Cultivo de alfalfa -36.594267° , -72.079520° .

Los lugares escogidos se distinguieron debido a las diferencias en el manejo del cultivo.

4.1.2 Toma de muestras.

El procedimiento para iniciar la toma de muestra de suelo comenzó con la preparación del equipo necesario, que consistió en un cooler con: etiqueta para identificar cada muestra, bolsa estéril, sacabocado junto con una espátula para extraer la muestra y un martillo para introducir el sacabocado en la tierra.

Para la toma de muestra de suelo, fue importante recoger las muestras respectivas en cinco puntos de las áreas de interés, realizando un muestreo en zigzag y homogeneizando las muestras de los cinco puntos. El muestreo se realizó con la ayuda de una pala para excavar un orificio a 10 cm de profundidad desde la superficie. El sacabocado se posicionó en la profundidad deseada y, con la ayuda de un martillo, se introdujo para extraer la muestra deseada. Una vez se obtuvieron las muestras, fueron manejadas con cuidado

para evitar la contaminación externa y se almacenaron en bolsas selladas para mantener la humedad.

4.1.3 Tratamiento de las muestras.

Para llevar a cabo el análisis de esta investigación, se aplicó la metodología de diluciones seriadas hasta la 10^{-5} , esta técnica consistió en preparar agua peptonada y luego se distribuyó en frascos schott 90 ml para la dilución 10^{-1} , donde se ocupará 10 gramos de la muestra de suelo y el frasco preparado. Posteriormente se prepararon tubos de ensayos con 9 ml de agua peptonada para las siguientes diluciones (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}), el agua peptonada a utilizar se debe esterilizar en el autoclave para poder proporcionar el cultivo más estéril posible. El agua peptonada fue un medio de cultivo que proporcionó nutrientes. Este medio fue utilizado para lograr una muestra líquida y para el crecimiento de microorganismos. (Agua de Peptona - Material de Laboratorio INILAB, 2021)

Con la muestra de suelo de maíz en el laboratorio se procedió a realizar el cultivo en placas. El proceso comenzó con una espátula flameada en un mechero, se posó durante 2 segundos luego se pesaron 10 gramos de muestra de suelo, completando hasta los 100 gramos con el agua peptonada ya esterilizada en autoclave.

Una vez lista la solución de 100 gramos, se llevaron los tubos y placas de Petri a la campana de laboratorio, se rotularon las placas de Petri con las respectivas diluciones las cuales son: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , todas en

duplicado. Con una pipeta esterilizada se tomaron 3ml de la bolsa con la dilución inicial (10^{-1}) lo que se repartiendo 1ml en cada placa de 10^{-1} , el ml sobrante se le aplicó a un tubo de ensayo con agua peptonada, la cual correspondería a la dilución 10^{-2} , luego de esa dilución repitió el procedimiento, tomando 3 ml, 1 ml para cada placa y el ml sobrante se le aplicó al siguiente tubo con agua peptonada, la cual correspondió a la dilución 10^{-3} , y así hasta llegar a la dilución 10^{-5} .

Luego que se vertió las diluciones en cada placa, se procedió a derretir el medio de YMG, en intervalos de 1 minuto, una vez totalmente derretido se integró antibióticos Amoxicilina y Estreptomina, para evitar el crecimiento de bacterias.

El medio YMG se preparó utilizando 4 gramos de extracto de malta, 4 gramos de extracto de levadura y 4 gramos de glucosa. La cantidad de agar se ajustó proporcionalmente a la cantidad de medio requerido; por ejemplo, para preparar 1 litro de YMG, se utilizaron 1000 ml de agua destilada de 15 gramos de Bacto agar.

Las placas inoculadas se incubaron durante aproximadamente de 2 a 5 días, dependiendo del crecimiento observado. Una vez que las colonias alcanzaron el desarrollo adecuado, las placas se almacenaron en frío para detener el crecimiento excesivo y prevenir que la superficie quedara completamente invadida.

Cuando las placas inoculadas tienen el crecimiento adecuado, se escogieron dos placas de diluciones iguales, y se contaron las colonias de ambas placas en un contador de colonias con lupa. Con estos datos se calcularon las UFC (unidades formadoras de colonias) con la siguiente formula.

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g).

$$UFC/G = \frac{\textit{Promedio Colonias} \times \textit{Dilución inversa}}{\textit{Ml siembre}} \quad [1]$$

Identificación de hongos: Con las mismas placas, se buscaron diversos hongos distintos entre sí, con distintas características macroscópicas, como el color, forma de crecimiento. Los hongos se purificaron para lograr identificar la familia de cada cepa aislada. Se observó el micelio bajo microscopio lo cual permitió identificar características de reproducción y así lograr identificar el género al cual correspondían, cada cepa aislada fue codificada para mantener el orden de las cepas.

Luego se le aplicó un índice de biodiversidad de Shannon-Wiener, y se analizó cuál de todos los muestreos presentó mayor cantidad de cepas, así como las condiciones que proporcionaron tales datos.

Formula de Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener.

Ecuación 2. Fórmula de Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener.

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i) * (\ln p_i) \quad [2]$$

Donde:

n= Número de especies.

p_i = Proporción de individuos de las especies respecto al total de individuos, es decir la abundancia relativa de la especie i. (n_i/N)

n_i =Número de individuos por especies i.

N= Número de todos los individuos de todas las especies

El índice es una herramienta estadística utilizada en ecología para medir la diversidad biológica de una comunidad, nos proporciona información sobre la población a la cual se analiza. El valor más alto indica una mayor diversidad, lo que refleja una comunidad con una amplia variedad de especies y una distribución más equitativa entre ellas. Por el contrario, un valor más bajo sugiere una menor diversidad de especies, lo que podría indicar pocas especies dominan la comunidad.

5. RESULTADOS.

Los lugares de muestreo fueron seleccionados debido a la cercanía y diferencias en su manejo. Se llevó a cabo un muestreo en zigzag con cinco muestras de cada suelo. Esto permitió, mediante la aplicación del cálculo de valores de UFC/g de cada muestreo y suelo, obtener un aproximado de las cepas que se encontraban en el lugar.



Figura 1. Captura de pantalla de polígonos de zonas de muestreo realizada en Google Earth.

Los cálculos de UFC/g realizados representaron una estimación de la cantidad de colonias en cada muestra de suelo analizada, y los valores representan una aproximación del número de hongos presentes en cada suelo.

De los tres meses de muestreo se pudo identificar una serie de cepas fúngicas por sus características macroscópicas como lo es la coloración del micelio, características de crecimiento de este y presencia de exudado. Para la identificación también se consideró las características microscópicas, como la presencia de esporas y estructuras reproductivas que permitan la identificación del género.

Las cepas que se pudieron identificar están presentes en la Tabla 1, junto con la frecuencia en la que aparecieron en los meses de estudio. Algunos presentaron frecuencia constante y otros con intermitencia.

Tabla 1. Resultado de las cepas identificadas de cada muestreo y la frecuencia que presentaron en los tres meses de muestreo."

Género	Suelo	Alfalfa			Maíz	
	M. 1	M.2	M.3	M.1	M. 2	M.3
<i>Penicillium spp</i> (1)	x					
<i>Fusarium spp</i> (1)	x					
<i>Aspergillus niger</i> .	x	x		x	x	x
<i>Trichoderma spp</i> (1)	x				x	
<i>Mycelia sterilia</i> (2)	x		x			
<i>Penicillium spp</i> (2)	x					
<i>Fusarium spp</i> (2)	x					
<i>Penicillium spp</i> (3)	x		x	x		
<i>Trichoderma spp</i> (3)			x	x	x	
<i>Rhizopus spp</i> (1)			x	x		
<i>Fusarium spp</i> (4)		x			x	
<i>Penicillium spp</i> (5)		x				

 Continuación de la tabla anterior.

<i>Fusarium spp</i> (3)	x	x	x	x
<i>Penicillium spp</i>				
(9)			x	
<i>Mycelia sterilia</i> 3			x	
<i>Penicillium spp</i>				
(10)			x	
<i>Mycelia sterilia</i> 4			x	
<i>Penicillium spp</i>				
(11)			x	
<i>Trichoderma spp</i>				
(4)			x	
<i>Mycelia sterilia</i> (5)			x	
<i>Penicillium spp</i>				
(12)			x	
<i>Penicillium spp</i>				
(13)			x	
<i>Aspergillus spp</i> (1)		x		
<i>Penicillium spp</i> (6)		x		
<i>Fusarium spp</i> (5)		x		

<i>Penicillium spp</i> (7)	x	x
<i>Penicillium spp</i> (8)	x	
<i>Mycelia sterilia</i> 6		x
<i>Penicillium spp</i> (14)		x
<i>Penicillium spp</i> (15)		x
<i>Penicillium spp</i> (16)		x

Fuente: Elaboración propia.

En los tres meses de muestreo, el suelo de alfalfa presentó un mayor valor de UFC/g en comparación al suelo de maíz, sin embargo, esta diferencia no es suficiente para reflejar un cambio significativo en la actividad microbiana. Esto queda explícito en los datos en la Tabla 2.

Tabla.2 Indicador de la cantidad de microorganismos vivos en 1 ml de dilución de suelo con agua peptonada.

UFC x 10 ^x / gr de suelo			
Muestra	Muestreo (septiembre)	1. Muestreo (noviembre)	2. Muestreo (diciembre)
Suelo maíz	8,65 x 10 ⁴	2,9 x 10 ³	2,6 x 10 ³
Suelo Alfalfa	3,35 x 10 ⁵	4.45 x 10 ³	3,4 x 10 ³

Fuente: Elaboración propia.

Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener.

En el muestreo 1 el suelo de alfalfa presentó un índice de 1,5 mientras que el suelo de maíz tuvo un índice significativamente menor de 0,3. En el muestreo 2 en ambos suelos aumentó el índice, el suelo de alfalfa aumentó a 2,2, mientras que el suelo de maíz aumentó a 2,7. Para el muestreo 3 continuó el aumento suelo de alfalfa paso a 2,6 y el suelo de maíz paso a 2,9, tal como se muestra en la Tabla 3.

Ambos suelos mejoraron su diversidad con el tiempo, pero el suelo de maíz obtuvo una recuperación más pronunciada.

Tabla 3. Resultados del cálculo de los índices de biodiversidad, con la fórmula de Shannon-Wiener.

Alfalfa	Valor de índice	Maíz	Valor índice
Septiembre	1,5	Septiembr e	0,3
Noviembre	2,2	Noviembre	2,7
Diciembre	2,6	Diciembre	2,9

Fuente: Elaboración propia.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Análisis de cinética de hongos.

En los resultados de los cálculos de UFC/g de suelos de alfalfa y maíz a lo largo de los muestreos, los datos permitieron analizar la variación en la densidad fúngica en el tiempo en ambos suelos.

Los valores de UFC/g fueron en disminución a medida que avanzaba el periodo de estudio, sin embargo, no es suficiente para reflejar un cambio en la actividad microbiana, un cambio notorio sería de un orden de magnitud de 2 valores log al menos.

Esto queda reflejado en la Figura 2, donde se observa que, a pesar de la disminución, el suelo de alfalfa mantuvo una mayor cantidad de colonias de hongos en comparación con el suelo de maíz, donde la cantidad de colonias que se presentó fue menor. Esto sugiere que el suelo de alfalfa podría ser un ambiente más favorable para ciertos hongos, en donde pueden existir diversos factores que lo ayuden, tales como: mayor contenido de materia orgánica o nutrientes disponibles y/o menor perturbación en el suelo, esto debido a que está en descanso, a diferencia del suelo de maíz que se encuentra en constante actividad.

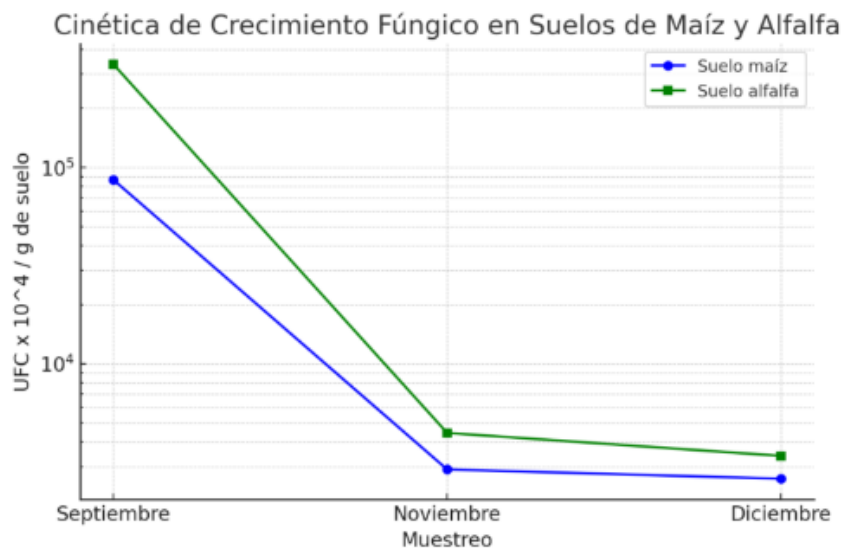


Figura 2. Gráfico que muestra la cinética de crecimiento de hongos en los suelos de maíz y alfalfa durante el estudio.

Análisis de Índices de Biodiversidad de Shannon-Wiener.

El presente estudio evaluó la diversidad fúngica en los suelos de cultivos de maíz y alfalfa en tres muestreos, realizados entre agosto y diciembre en la región de Chillán, Chile. Los resultados obtenidos muestran variaciones en la biodiversidad fúngica, las cuales pueden estar relacionadas con las condiciones climáticas y la estacionalidad. Los resultados del índice de biodiversidad normalmente varían entre 0,5 y 5. Menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación con la biodiversidad.

En el primer muestreo realizado a principios de septiembre, las temperaturas rondaron entre 15 a 20°C con influencia de precipitaciones en las fechas. El índice de biodiversidad de Shannon-Wiener obtenido en esta etapa para

ambos suelos, se registró con valores entre 1,5 y 0, lo cual indica una diversidad baja, como se muestra en la Tabla 2 los valores específicos.

El segundo muestreo se llevó a cabo a principios de noviembre, en un periodo caracterizado por un aumento de la temperatura 20 a 25°C aproximadamente y una disminución progresiva de la humedad del terreno, debido a la escasez de las lluvias de este periodo. Sin embargo, el suelo de maíz al haberse sembrado está en constante riego, por lo que la tierra estaba húmeda. La presencia de sol constante y la menor retención de humedad en el suelo pudieron haber influido en la composición de la microbiota fúngica. En este muestreo, el índice de biodiversidad aumentó en ambos suelos, para alfalfa 2.2 y para maíz 2.7, estos valores son favorables indicando la recuperación de la diversidad de cepas de los terrenos en comparación al primer muestreo. La diferencia de decimales se puede comparar

En el tercer muestreo de inicios de diciembre, cuando la temperatura superó los 25°C. Este cambio en el clima pudo generar un impacto en la diversidad, favoreciendo especies resistentes a la sequía y reduciendo la presencia de hongos dependientes a terrenos más mojados. El índice de biodiversidad alcanzó valores entre 2,5 en el cultivo de alfalfa y 2,9 en el cultivo de maíz, consolidando un nivel de biodiversidad relativamente alto en comparación con los muestreos anteriores.

Lo anterior se sintetiza a continuación, en la Figura 3 se registran los datos mencionados con anterioridad en los muestreos hechos en las fechas correspondientes.

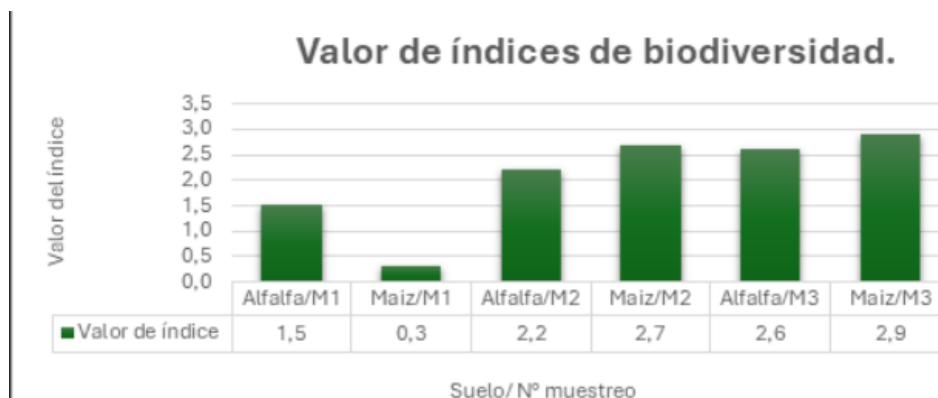


Figura 3. Valores de índices de biodiversidad, ordenados por número de muestreo y suelo, en un gráfico de barras.

El mayor índice de biodiversidad se registró en el tercer muestreo del suelo de maíz siendo el valor de 2,9 aproximado, lo que podría estar relacionado con el incremento de la temperatura y la adaptabilidad de ciertas cepas fúngicas a condiciones más secas. Sin embargo, se podría esperar que, en el manejo convencional de agricultura, el índice de biodiversidad fuera bajo debido a que el manejo convencional está caracterizado por el uso intensivo de diversos agroquímicos, los cuales están asociados con la disminución de la biodiversidad del suelo. Por ejemplo, se ha reportado una reducción de la biodiversidad del suelo entre un 50% y un 60% en tierras intensivamente cultivadas. (SEO, 2025).

Para analizar correctamente la diferencia entre los valores de los muestreos realizados en noviembre y diciembre, se convirtió cada valor del índice de biodiversidad en el “número efectivo de especies” aplicando la función exponencial al valor del índice de biodiversidad, no hay fórmula para esta acción que se realizó, los valores de número efectivo de especies se expresan en la Figura 4. Para interpretar estos resultados de manera más tangible, se calculó el número efectivo de especies, que tradujo el valor de índice de biodiversidad en términos de la cantidad real de especies presentes. Al restar los valores obtenidos para cada tipo de suelo, se encontró que en el segundo muestreo hubo aproximadamente 5.9 especies más en el suelo de maíz que en el suelo de alfalfa. En el tercer muestreo, en cambio, la diferencia fue de 4.7 especies más en el suelo de maíz en comparación con el de alfalfa. Todos estos valores quedan expresados en la Figura 5.

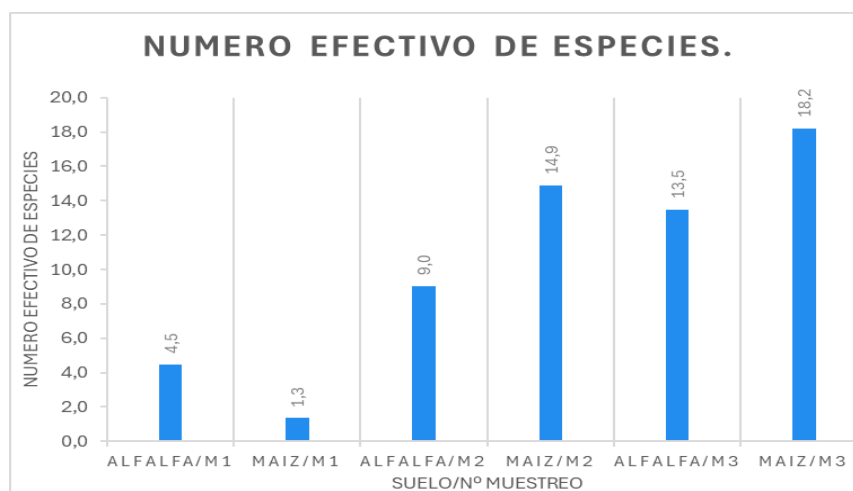


Figura 4. Gráfico de barras que representa el número efectivo de especies de cada suelo en cada muestreo.

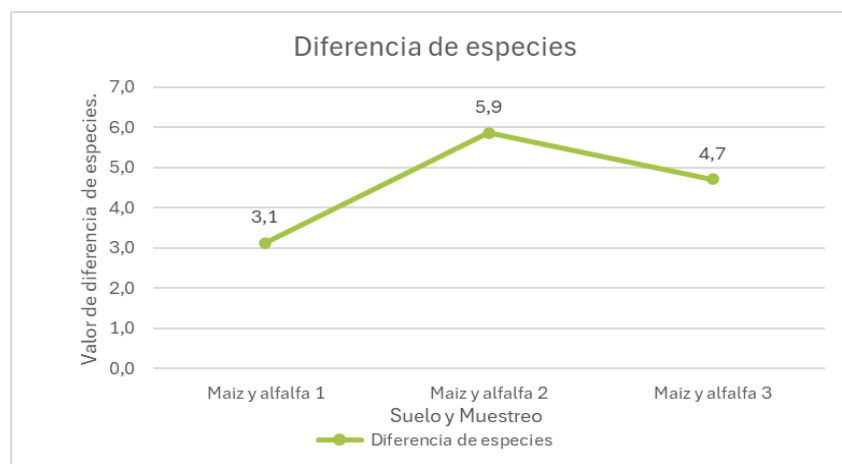


Figura 5. Diferencia efectiva de especies entre los suelos de maíz y alfalfa en los tres muestreos.

En los cálculos del índice de biodiversidad se observó que el mayor número de individuos se registró en el suelo de maíz en el primer muestreo, el cual presentó el índice más bajo, esto sugiere que la comunidad fúngica en este punto fue solo una especie, que fue *Penicillium* spp (3) codificado de esta manera para poder diferenciar cada especie de *Penicillium* encontrada debido que no se identificó la especie en esta oportunidad, y se enumeró conforme fueron identificadas, debido a que fue el que tuvo mayor cantidad de colonias en las diluciones realizadas.

El índice de biodiversidad de Shannon-Wiener no solo mide la cantidad de especies presentes, también muestra la equitatividad de estos. Un valor bajo indica que una especie es extremadamente dominante, lo cual reduce la diversidad efectiva de un sistema. En el caso del primer muestreo del suelo de maíz se interpreta que la condición ambiental favoreció el crecimiento de *Penicillium* spp (3), impidiendo que otras especies se desarrollen,

desplazándolas por competencia, como se muestra en la Figura 6 en el muestreo 1 del suelo de maíz la cantidad de individuos era alta, sin embargo como se mencionó, sólo una cepa fue favorecida, los demás muestreos el número de individuos son bajos, pero entre cada cepa se mantiene equitativa la cantidad por individuo.

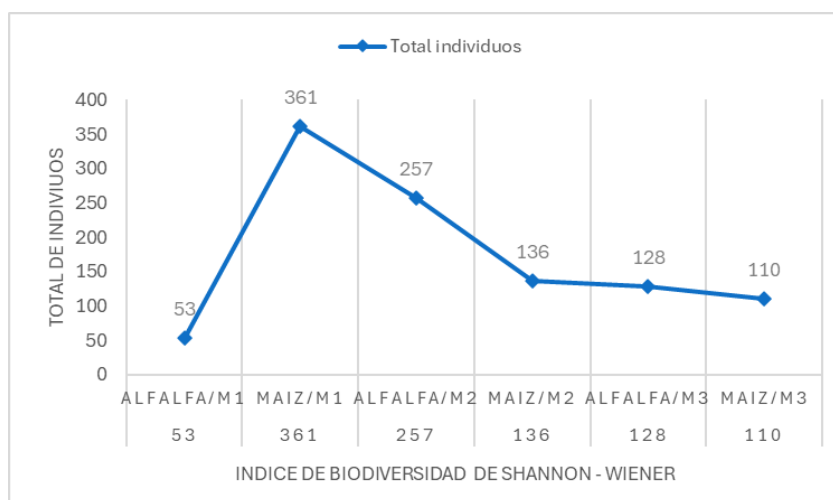


Figura 6. Gráfico de relación entre el total de individuos y el índice de biodiversidad en los suelos de alfalfa y maíz a lo largo de los muestreos.

A lo largo de los muestreos, se identificaron diversos géneros y especies, pero entre las más recurrentes fueron *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. y *Trichoderma* spp. También se logró encontrar otras especies distintas a lo cual no se pudo especificar en este estudio, para ello se necesita biología molecular para identificar la especie, en este estudio se enfocó en el cálculo de índice de biodiversidad y su análisis.

La aparición recurrente de los hongos antes mencionados sugiere que están bien adaptados en las condiciones del suelo estudiado. Si bien algunos se ven más favorecidos con el cambio de temporada, esto no implica su desaparición total a lo largo del tiempo. La mayor cantidad de individuos en algunas cepas sugiere un posible desplazamiento en la composición fúngica a medida que las condiciones climáticas varían.

Factores que podrían influir en la mayor diversidad fúngica en el suelo de manejo convencional:

1. Disturbios frecuentes y regeneración microbiana: Las labores de volteo, siembra y aplicación de agroquímicos en el manejo convencional podrían crear un ambiente dinámico con nichos ecológicos en constante cambio. Estas alteraciones pueden favorecer la proliferación de especies fúngicas oportunistas, aumentando la biodiversidad. (Marcos Valle et al., 2019)
2. Aporte de nutrientes y materia orgánica: La aplicación de fertilizantes, incluso sintéticos y la incorporación de residuos vegetales, como lo son los restos de maíz que quedan posterior a la cosecha, proporcionan una fuente constante de nutrientes que pueden favorecer el desarrollo de diversas comunidades fúngicas. (Sanchez-Yañez et al., 2007)
3. Estructura del suelo y aireación: El volteo para la siembra de maíz mejora la aireación y la distribución de esporas de hongos, permitiendo que más especies colonicen el ambiente. En suelos sin intervención

como el suelo de alfalfa, la compactación y la falta de disturbios pueden reducir la disponibilidad de oxígeno para algunos hongos. La aireación y la estructura del suelo pueden afectar a las colonias de hongos, afectando el desarrollo y su actividad. (Sanchez-Yañez et al., 2007)

6.1 Identificación macroscópica y microscópica de géneros.

Tal como expresó la Tabla 1, ubicada en los resultados, se observó que algunas cepas de hongos, como *Penicillium* spp. (3), *Rhizopus* spp. (2) y *Fusarium* spp. (4), estuvieron presentes en más de un muestreo, lo que sugiere que estos presentaron adaptabilidad a los cambios en el entorno, tal como fue los cambios de temperatura. Además, otros hongos como *Penicillium* spp. (15), aparecieron únicamente en uno de los muestreos, no fueron favorecidas por los cambios de temperatura u otros factores como la adición de pesticidas. Esto sugiere que estas especies no favorecidas pudieron haber tenido condiciones de crecimiento específicas y no lograron establecerse de manera permanente en la comunidad fúngica del suelo.

Factores como la temperatura, la disponibilidad de agua en el suelo, la competencia con otras especies y la disponibilidad de nutrientes pudieron haber influido en su aparición temporal. La poca frecuencia en el tiempo de algunas cepas refuerza la idea de que ciertas especies requieren condiciones particulares para su desarrollo en el suelo

Tabla 4. Cepas de hongos no identificadas pertenecientes al suelo de maíz y alfalfa.

Suelo	Alfalfa			Maíz		
	M. 1	M.2	M.3	M. 1	M.2	M.3
V.16 Maíz						x
V.17 Maíz						x
V.18 Maíz						x
V.20 Maíz						x
V.13 Maíz						x
V.12 Maíz						x
V.11 Maíz						x
V.3 Maíz						x
V.4 Maíz						x
V.5 Maíz						x
V.9 Maíz						x
V.16 Alf.			x			
V.18 Alf.			x			
V.19 Alf.			x			
V.3 Alf.			x			
V.4 Alf.			x			

Continuación de la tabla anterior

V10 Maíz		x
V8 Maíz		x
V9 Maíz		x
V13 Maíz		x
V3 Maíz		x
V7 Maíz		x
V8 Alf.	x	
V10 Alf.	x	
V11 Alf.	x	
V1 Alf.	x	
V7Alf.	x	

Fuente: Elaboración Propia.

En la identificación de hongos, se registraron algunas cepas de hongos que no pudieron ser identificadas con algún género, esto debido a que no se pudo reconocer el tipo de espora presente con la técnica aplicada de observación en microscopio. Para la caracterización más precisa existe la aplicación de biología molecular la cual consiste en el análisis de ADN de cada cepa, en esta oportunidad no se aplicó, queda para estudios posteriores.

Por esta razón, a estas cepas se les asignó un código compuesto por una letra y un número, el cual corresponde al número de la placa de purificación.

Los géneros de hongos más encontradas fueron *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp y entre todos los análisis de laboratorio se encontraron cepas que no presentaron esporas ni esporangios las cuales se les llama *Mycelia* sterilia.

6.1.1 *Penicillium* spp.:

Los hongos del género *Penicillium* son de mayor distribución geográficas, sus esporas están en el aire y en el suelo, las especies de este género son los más abundantes y se manifiestan en diversos procesos biológicos de la vida diaria. Son hongos filamentosos, formado por filamentos multicelulares llamadas hifas, a lo cual se le llama micelio, la hifas suelen ser transparentes o de color claro, estos hongos obtienen nutrientes descomponiendo materia orgánica muerta a lo cual se le da el nombre de “hongo saprófito”, estos crecen a una temperatura optima de 22°C a 30°C, algunos producen sustancias antimicrobianas. (Garza, 2021)

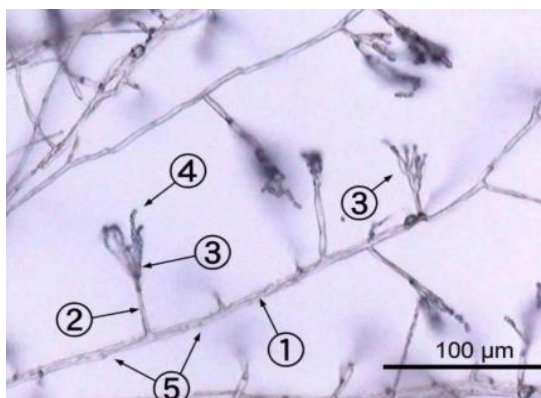


Figura 7. Partes de un hongo Hifa (1), Conidióforo (2), Fiálide (3), Conidia (4) y Septos (5), Fuente: (Penicillium, 2025).

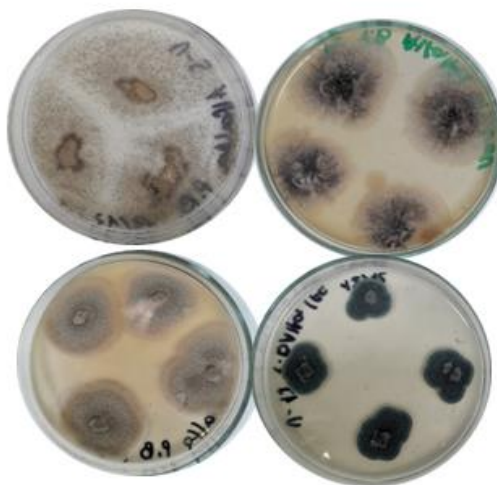


Figura 8. Distintas cepas de *Penicillium* spp, identificadas en el estudio. Fuente propia.

6.1.2 *Aspergillus niger*:

Es un género de hongos filamentosos, formado por filamentos multicelulares llamadas hifas, a lo cual se le llama micelio, el cual está distribuido en diferentes lugares, es reconocido por su relevancia en diversas aplicaciones industriales y la capacidad para causar infecciones en humanos. Sus colonias crecen rápido, inicialmente, presentan un color blanco que rápidamente se torna negra o marrón oscuro debido a su producción abundante de esporas, en el reverso de las colonias el color puede variar entre amarillo e incoloro. Presenta gran cantidad de esporas por lo que es de fácil propagación y de contaminar otras placas. (Ma & Abarca, 2000).

La presencia de *Aspergillus niger* indica un suelo con abundancia de materia orgánica en descomposición debido a que tiene comportamiento saprófito, esta cepa también ha demostrado tener resistencia a metales pesados por lo

que suelos contaminados con metales, pueden ser colonizados por esta cepa lo cual lo convierte en una herramienta para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados. (Villalba-Villalba et al., 2018)

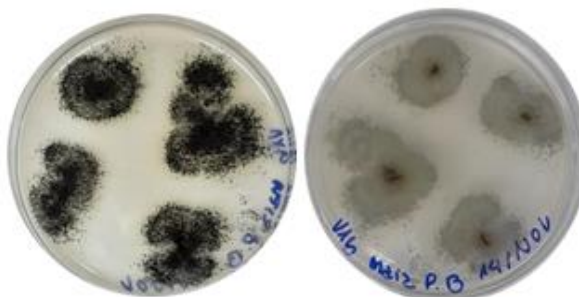


Figura 9. Características morfológicas de *Aspergillus niger*, Fuente propia

6.1.3 *Fusarium* spp.:

Comprende hongos filamentosos ampliamente distribuidos en suelos y plantas a nivel mundial, las diversas especies que comprende el género *Fusarium* presentan hifas transparentes con tabiques, sus esporas son características del género por lo que se pueden diferenciar rápidamente, suelen tener forma de medialuna, banana, canoas, van variando su largo en diferentes cepas, algunas de estas cepas se identifican también por su coloración rosa o púrpura al reverso de las placas donde se siembra, otros tiene coloraciones más amarillentas y blanquecinas. (Retrato Microbiológico, n.d.)

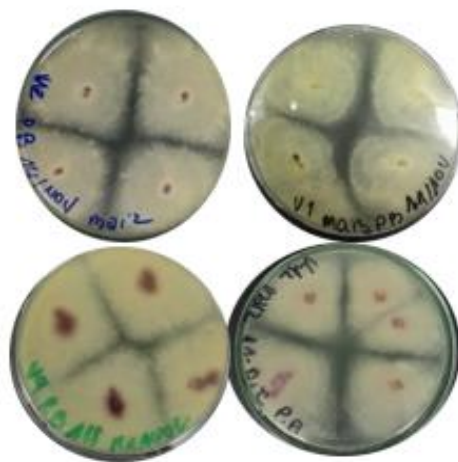


Figura 10. Ejemplares del género *Fusarium* spp. de los muestreos de suelos de alfalfa y maíz. Fuente propia.

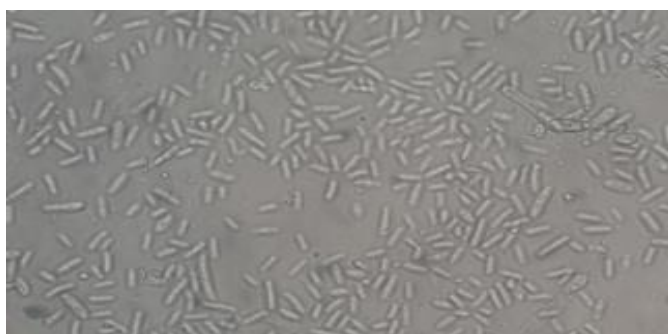


Figura 11. Esporas pertenecientes al género *Fusarium* spp., Fuente propia.

Tiene comportamiento fitopatógeno, lo cual quiere decir que son patógenos para diversas plantas sobre todo está relacionado a los cultivos de cereales y hortalizas este género causa enfermedades como marchitez, pudrición de raíces, contamina el producto como el maíz no solo sus hojas, algunas especies de este género produce micotoxinas que pueden contaminar cultivos afectando la salud de los animales y humanos, debido a que estos alimentos se consumen en gran medida. (Koppert Chile, 2025)

6.1.4 *Trichoderma* spp:

Género que se encuentra ampliamente distribuido en los suelos, son bien conocidos por su crecimiento rápido micelial y abundante producción de esporas se conocen alrededor de 355 especies de este género, por lo que encontrar las especies específicas encontradas en este estudio, implicaría aplicar biología molecular, lo cual lo hace un proceso bastante largo. Tiene un comportamiento saprófito. (Lisbeth, 2021)

Las especies del género *Trichoderma* spp son conocidos por ser agentes de control biológico, debido a la alta capacidad reproductiva de los hongos, sobrevive bajo condiciones de estrés o menos favorables, presenta gran agresividad contra hongos fitopatógenos, tal como lo es el género *Fusarium* spp.



Figura 12. Ejemplares del género *Trichoderma* spp, de los muestreos de suelo de alfalfa y maíz, Fuente propia.

6.1.5 *Mycelia sterilia*..:

El término es utilizado en su mayor medida en estudios microbiológicos para describir cepas de hongos que, a pesar de tener una estructura de micelio desarrollada, no presentan estructuras reproductivas. Esta falta de estructuras dificulta la identificación de cada cepa de hongo, ya que el sistema de identificación está basado en la morfología de esporas y estructuras reproductivas, por lo que ocupar métodos tradicionales para la identificación lo hace difícil.

La ausencia de estructuras reproductivas pudo deberse a diversas causas, entre ellas condiciones de cultivo inadecuadas. Algunos hongos requieren condiciones específicas para esporular, y factores como la temperatura, humedad, pH y la disponibilidad de nutrientes influyen en la formación de esporas. Al ser extraídos de su ambiente natural, estos hongos experimentaron un periodo de estrés ambiental, lo que impidió que encontrara las condiciones necesarias para desarrollar sus estructuras reproductivas. Si bien la falta de esporulación en algunos puede deberse a que no se encuentran en la fase de su ciclo de vida en la que producen esporas, en este caso se descartó esa posibilidad. Para ello, se permitió que el hongo madurara durante un tiempo medianamente prolongado, asegurando que alcanzara la etapa en la que normalmente deberían desarrollar estructuras reproductivas. Además, se realizaron observaciones microscópicas detalladas para verificar la presencia de esporas, sin que se detectara ninguna, lo que sugiere que la

ausencia de esporulación no está relacionada con su fase de desarrollo. (De Estudios et al., n.d.)

7. CONCLUSIÓN.

El análisis microbiológico realizado en los suelos agrícolas de maíz con manejo convencional y alfalfa en descanso ubicado en la Universidad de Concepción, Chillán, región de Ñuble, permitió identificar diferencias en la biodiversidad fúngica y su relación a las variaciones de las temperaturas y prácticas agrícolas. Se observó que el suelo de alfalfa presentó mayor valor de colonias de hongos en comparación con el suelo de maíz, dada la información que proporcionó el cálculo de UFC/g lo que sugiere que la menor intervención en el suelo favorece el desarrollo de colonias de hongos más equilibrados.

El estudio de la cinética de crecimiento fúngico a lo largo de los tres muestreos reveló fluctuaciones en la cantidad y composición de la comunidad fúngica en respuesta a cambios en la temperatura pasando de 15°C a sobre los 25°C, lo que influye directamente en la actividad y reproducción de los hongos. La cantidad de colonias por placa se ve disminuida en ambos suelos a lo largo de los meses sin embargo en el suelo de maíz se atribuye a la actividad agrícola convencional como el uso de químicos, constante intervención del suelo, lo que provocó menos regeneración microbiana.

En el suelo de alfalfa, el aumento en la cantidad de colonias no necesariamente indicó una mayor diversidad de especies, el valor de UFC/g reflejó una mayor abundancia de colonias de las placas encontradas.

Las especies con alta frecuencia a lo largo de los meses, como lo fue *Fusarium* spp., y *Aspergillus niger*, fueron las más favorecidas por las fluctuaciones de temperatura. Su persistencia sugiere que estas especies poseen una mayor capacidad de adaptación a los cambios en el ambiente, lo que permitió mantenerse en la comunidad fúngica a lo largo del tiempo.

Esto indica que si bien el suelo de alfalfa mostró un número mayor de colonias, la diversidad pudo haber estado dominada por unas pocas especies resistentes.

Algunos géneros fúngicos identificados, como *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*, *Fusarium* spp., y *Trichoderma* spp., evidencian la importancia de los microorganismos en la salud del suelo y su papel en el procesamiento de materia orgánica, el crecimiento vegetal y el control de patógenos. En particular, *Trichoderma* spp., que resalta como agente de control biológico contra hongos fitopatógenos como *Fusarium* spp., lo que abre nuevas posibilidades para el manejo sostenible del suelo.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366–377.

<https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>

Ávila Minga, J. D., & Quito Arias, D. N. (2019). Identificación de la biodiversidad fúngica a través del análisis metagenómico del suelo en el área de la concesión minera Loma Larga Azuay-Ecuador (Bachelor's thesis).

Britania Lab. (2024). Agua Peptonada.

https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60705c37ec35f.pdf

Britania Lab. (2024). Papa Glucosado Agar.

https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60707ad8180cb.pdf

Carmona-Galindo, V., & Carmona, V. (2013). Digital Commons @ LMU & LLS Citation Digital Commons @ LMU & LLS Citation.

https://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1025&context=bio_fac&httpsredir=1&referer=

Cañedo, V. (n.d.). MANUAL DE LABORATORIO PARA EL MANEJO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>

Cifuentes, E. L. A., & Espinosa, P. A. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 204pp.

Chaves-Bedoya, G., et al. (2013). "Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo." Acta agronómica 62(1):66-72

DE, I. (2019). INDICE DE DIVERSIDAD SHANNON.docx. Google Docs. https://docs.google.com/document/d/1UiDswlkvHnaTVmwcNKIQD_OI4ZSL6nsl2ixeKs6kxE/edit

De Estudios, F., Zaragoza, S., Luisa, D., Lang, A., Rosalva, D., & Sánchez, G. (n.d.). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Estudio sobre las interacciones entre hongos endófitos y hongos fitopatógenos de Coffea arabica TESIS BIOLOGO PRESENTA HÉCTOR ORLANDO ARIAS MEDINA directora de tesis: Asesora interna. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_arias_medina.pdf

de, N. (2022, May 18). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Portal INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/penicillium-spp#:~:text=Penicillium%20es%20un%20hongo%20filamentoso,ros ados%2C%20con%20reverso%20amarillo%20cremoso.>

de, N. (2025). Trichoderma: reduce los daños que inducen fitopatógenos en la raíz de chile habanero. Gob.mx. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/trichoderma-reduce-los-danos-que-inducen-fitopatogenos-en-la-raiz-de-chile-habanero>

Garza, J. L. (2022). Mohos productores de micotoxinas. Unam.mx. https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxigenos_unigras/fusarium.html

Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. Chilean Journal of Agricultural & Animal Science, ahead. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902019005000205>

10.1: Introducción, índice de Simpson e índice Shannon-Weiner. (2022, October 31). LibreTexts español. https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadistica_Aplicada/Libro

[%3A Biometria de Recursos Naturales %28Kiernan%29/10%3A Medidas cuantitativas de diversidad%2C similitud de sitios e idoneidad del h%C3%A1bitat/10.01%3A Introducci%C3%B3n%2C %C3%ADndice de Simpson e %C3%ADndice Shannon-Weiner](#)

Izurietta Cherrez, E. L. (2021). Sensibilidad in vitro de especies de *Trichoderma* spp. aisladas de suelos forestales a fungicidas de diferente modo de acción.

Koppert Chile. (2025). Koppert.cl. <https://www.koppert.cl/enfermedades-de-las-plantas/fusarium-spp/>

Maritza, K., Andrés, P., & Alejandro, M. (2014). Molecular Identification of Fungi Isolated from Bean Tissues with Anthracnose Symptoms. *Acta Biológica Colombiana*, 19(2), 143–143. <https://doi.org/10.15446/abc.v19n2.39154>

María Antonia Flores-Córdova, Matas, M., Pérez, S., María Rodríguez, Salas, N., Soto, M., & Sánchez-Chávez, E. (2023). *Trichoderma* fungi as an agricultural biological control in Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 29(3), 79–114. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.11.015>

Morales Espinoza, I. D. C., Peña Olvera, V. S., Cadena Zapata, M., Cepeda Dovala, J. M., & Méndez Cifuentes, A. (2014). Efecto de labranzas y

mejorador orgánico en las propiedades biológicas del suelo, mediante la cuantificación de bacterias y hongos.

Penicillium. (2025). SlideShare; Slideshare.
<https://es.slideshare.net/slideshow/penicillium-34153581/34153581>

Pla, L. (2025). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583–590.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008

Retrato Microbiológico. (n.d.). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n1/art12.pdf>

SEO, A. (2025). El impacto de la agricultura ecológica en la biodiversidad del suelo | UNIA. Unia.es. <https://www.unia.es/vida-universitaria/blog/el-impacto-de-la-agricultura-ecologica-en-la-biodiversidad-del-suelo#:~:text=Las%20consecuencias%20de%20estas%20pr%C3%A1cticas,la%20dependencia%20de%20insumos%20qu%C3%ADMICOS.>

Sanchez-Yañez, J. M., Marquez-Benavides, L., Lozano, L. L., & Fernandez-Pavia, S. P. (2007, April 9). Los hongos fundamentales en la productividad del suelo. ResearchGate; unknown.
https://www.researchgate.net/publication/339438629_Los_hongos_fundamentales_en_la_productividad_del_suelo

Tapia, C., & Amaro, J. (2014). Género Fusarium. Revista chilena de infectología, 31(1), 85-86.

Trichoderma Control de Hongos Fitopatógenos | Intagri S.C. (2016). Intagri.com.

<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/trichoderma-control-de-hongos-fitopatogenos>

Valle, F. M., Moreno, V., Silvestro, L., Castellari, C., Delfino, A. D., Andreoli, Y., & Picone, L. (2019). DIVERSIDAD FÚNGICA EN SUELOS CON DIFERENTES USOS EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA. Chilean Journal of Agricultural & Animal Science, ahead.

<https://doi.org/10.4067/s0719-38902019005000301>

Verdezoto Moncayo, V. C. (2017). Degradación de aceites y grasas mediante el uso de Aspergillus spp, Penicillium spp y Fusarium spp, en aguas residuales de queseras artesanales de Quimiag (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Villalba-Villalba, A. G., Cruz-Campas, M. E., & Azuara-Gómez, G. V. (2018). Aspergillus niger Tiegh., isolated in Sonora, Mexico: metal tolerance evaluation. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente (En Línea)/Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente, 24(2), 131–146.

<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.023>