



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

**ESTUDIO DEL MANEJO CON ENFOQUE
AGROECOLÓGICO Y CONVENCIONAL SOBRE
MICROORGANISMOS Y PROPIEDADES DEL
SUELO DE UN VIÑEDO DE MENDOZA,
ARGENTINA**

**Tesis para la obtención del Título de Grado de
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

María Jose Espinosa Azar

**Mendoza, Argentina
Septiembre 2023**



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

**Estudio del manejo con enfoque agroecológico y convencional,
sobre los microorganismos y propiedades del suelo de un
viñedo de Mendoza, Argentina.**

Autora:

ESPINOSA AZAR, María José
mespinosa@est.fca.uncu.edu.ar

Directora:

MSc. LONGONE, María Valeria
longone.maria@inta.gob.ar

Codirectora:

Dra. ESCORIAZA, Maria Georgina
escoriaza.maria@inta.gob.ar

Comisión Evaluadora:

MSc. Laura Elizabeth Martínez
martinez.laura@inta.gob.ar

MSc. Silvina Greco
sgreco@fca.uncu.edu.ar

Bioq. Silvina Farrando
silfarra@gmail.com

RESUMEN

En la provincia de Mendoza la vitivinicultura es la actividad agrícola y económica dominante ya que es el tercer sector que más aporta al producto bruto geográfico (PBG). El 97 % de la superficie con cultivo de vid de la provincia se maneja de manera convencional, en ocasiones las consecuencias de este manejo son desequilibrios ecológicos en el suelo, reducción de la infiltración de agua, aumento de la escorrentía, mayor riesgo de erosión y compactación, contaminación, disminución de la fertilidad, pérdida de biodiversidad, contaminación del agua y potenciales riesgos para la salud humana. En base a esta situación, actualmente están tomando fuerza otros tipos de manejos tendientes a la sostenibilidad de los sistemas, empleando prácticas más respetuosas con el medio ambiente y la sociedad. En este sentido, la agroecología se posiciona como una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología y otras ciencias afines, con el fin de aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables.

En este trabajo se evaluó el efecto que produce un manejo con enfoque agroecológico y uno convencional, sobre la abundancia de hongos y bacterias presentes en el suelo, las propiedades de este, y la relación entre ambas. Para esto se trabajó en una parcela experimental de vid, donde a la mitad de la superficie se le aplicaron prácticas de manejo con enfoque agroecológico y la otra mitad se la trató de manera convencional. Se tomaron muestras representativas de suelo proveniente de los sectores correspondientes a cada manejo, se determinó la abundancia de hongos y bacterias y se obtuvo un diagnóstico de las propiedades edáficas.

En las muestras de suelo obtenidas bajo el manejo con enfoque agroecológico la abundancia de hongos fue significativamente diferente entre los manejos, mientras que la abundancia de bacterias no tuvo diferencias. Por otro lado, se obtuvo que la cantidad de materia orgánica y el nitrógeno total fueron significativamente diferentes en los distintos manejos, siendo más altos en los suelos con manejo con enfoque agroecológico, mientras que la conductividad eléctrica también resultó significativamente diferente entre los dos manejos, pero con valores menores para el manejo con enfoque agroecológico. Además, la abundancia de hongos se correlacionó con la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno total y la conductividad eléctrica en conjunto.

El análisis de los resultados revela que, cuando se aplican prácticas de manejo sostenibles, se observa un incremento significativo en la abundancia de los hongos presentes en el suelo y se evidencia una mejora en algunas propiedades del suelo. Estos hallazgos subrayan la importancia y la aplicabilidad directa de la implementación de prácticas de manejo sostenibles en el contexto vitícola, ya que no solo promueven la abundancia de hongos y la presencia de hongos benéficos, sino que también mejoran la calidad y fertilidad y por lo tanto la salud del suelo, generando un ambiente propicio para el desarrollo de agroecosistemas sostenibles.

Palabras clave: hongos y bacterias, suelo, características edáficas, agroecosistemas sostenibles, viticultura.

ABSTRACT

In Mendoza, viticulture is the dominant agricultural and economic activity, as it is the third largest contributor to the gross geographic product. Ninety-seven percent of the province's grape area is conventionally grown and the consequences of this management are ecological imbalances in the soil, reduced water infiltration, increased runoff, greater risk of erosion and compaction, contamination, reduced fertility, loss of biodiversity, water pollution and potential risks to human health. Based on this situation, other types of management are currently gaining strength, tending towards the sustainability of the systems, employing practices that are more respectful of the environment and society. In this sense, agroecology is positioned as a scientific discipline that synthesizes and applies knowledge from agronomy, ecology, sociology and other related sciences, in order to apply appropriate strategies to design, manage and evaluate sustainable agroecosystems.

This work evaluated the effect of agroecological and conventional management on the abundance of fungi and bacteria present in the soil, soil properties, and the relationship between both of them. For this purpose, we worked on an experimental plot cultivated with vines, where half of the area was managed with an agroecological approach and the other half was treated conventionally. Representative soil samples were taken from each management, the abundance of fungi and bacteria was determined and a diagnosis of edaphic properties was obtained.

In the samples obtained under agroecological management, the abundance of fungi was higher than in conventional management, while the abundance of bacteria did not differ between different management methods. On the other hand, it was found that the amount of organic matter and total nitrogen were significantly different with higher values in agroecologically managed soils, while the electrical conductivity was also significantly different between the two management systems, but with lower values for the agroecologically managed soils. In addition, the abundance of fungi correlated with the amount of organic matter, total nitrogen, and electrical conductivity, all together.

The analysis of the results reveals that, when sustainable management practices are applied, a significant increase in the abundance of fungi present in the soil is observed and an improvement in some soil properties is evidenced. These findings underline the importance and direct applicability of the implementation of sustainable management practices in the viticultural context, as they not only promote the abundance of fungi and beneficial fungi but also enhance soil quality, fertility, and overall soil health. This creates a favorable environment for the development of sustainable agroecosystems.

Key words: fungal and bacterial, soil, edaphic properties, sustainable agroecosystems, viticulture.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron durante el transcurso de la carrera y en la realización de esta tesis de grado:

Gracias a mi familia, mi mamá, mi papá y mis hermanos que, con todo su amor, sus formas y cariño me acompañan en cada etapa. Por inculcarme la importancia de estudiar y darme la posibilidad de hacerlo.

A mi abuela Toti y a mi abuelo Manuel que siempre me incentivaron a estudiar y formarme no solo como profesional sino como persona.

Al Fabri, mi compañero en todo momento, gracias por escucharme, aconsejarme y compartir risas, llantos, aventuras y la vida.

A mis amigas y amigos por transitar conmigo cada momento, por su amor y complicidad, por cada escucha y consejo. Las y los quiero muchísimo.

A mis compañeras y compañeros de estudio que terminaron siendo mis amigas y amigos más incondicionales, con los que compartí miles de horas de estudio, de estrés, de felicidad y que estuvieron presente siempre. A ellas y ellos les expreso mi mayor agradecimiento, debido a que este camino lo hicimos en conjunto.

Al colectivo de Agroecología Mendoza, que acompañó mi formación desde otra perspectiva, incentivando el pensamiento crítico y los valores que me mueven.

A Valeria y Georgina, mis directoras, quienes me acompañaron en todo el proceso de esta investigación con paciencia y dedicación.

A Eugenia Martinez y Eva Maure por brindarme apoyo técnico para el análisis estadístico de los datos.

A la comisión evaluadora, Silvina Farrando, Silvina Greco y Laura Martínez, por enriquecer el trabajo con sus conocimientos técnicos y brindarme una instancia más de aprendizaje.

A los/as docentes de la facultad por transmitirme sus saberes. Especialmente a Josefina Segura por acompañarme en esta etapa final.

A la Universidad Nacional de Cuyo y a la Facultad de Ciencias Agrarias por permitirme estudiar y formarme como profesional en una institución pública de excelente calidad.

Al Laboratorio de Fitopatología del EEA INTA Mendoza, por permitirme realizar esta investigación poniendo a disposición los recursos.

¡GRACIAS!

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Fundamentación..... | 1 |
| 1.2 Objetivos | 4 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 4 |
| 1.3 Hipótesis..... | 4 |
| 1.4 Marco teórico..... | 4 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 7 |
| 2.1 Área de estudio | 7 |
| 2.2 Toma de muestras de suelo | 9 |
| 2.3 Laboratorio | 9 |
| 2.3.1 Acondicionamiento de muestras de suelo | 9 |
| 2.3.2 Preparación de medios de cultivos y siembra de hongos y bacterias..... | 10 |
| 2.3.3 Recuento y repique | 10 |
| 2.3.4 Identificación morfológica de hongos | 10 |
| 2.3.5 Determinación de propiedades físicas y químicas del suelo..... | 11 |
| 2.4 Análisis estadístico | 11 |
| 3. RESULTADOS..... | 12 |
| 3.1 Abundancia de hongos y bacterias..... | 12 |
| 3.1.1 Hongos | 12 |
| 3.1.3 Bacterias..... | 12 |
| 3.2 Identificación de hongos | 13 |
| 3.3 Propiedades físicas y químicas del suelo | 16 |
| 3.4 Relación entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la abundancia de hongos y bacterias | 18 |
| 4. DISCUSIÓN | 22 |
| 5. CONCLUSIONES | 26 |
| 6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN..... | 27 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Foto de la Izquierda muestra el sector de la parcela con manejo convencional y la de la derecha el sector con enfoque agroecológico. | 9 |
| Figura 2: Abundancia de hongos (UFC/g de suelo) para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 12 |
| Figura 3: Abundancia de bacterias (UFC/g de suelo) para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 13 |
| Figura 4: Frecuencia relativa (%) de géneros de hongos encontrados en el manejo convencional. | 14 |
| Figura 5: Frecuencia relativa (%) de géneros de hongos encontrados en el manejo con enfoque agroecológico. | 15 |
| Figura 6: Desarrollo de colonias de hongos de los géneros identificados relevantes en vid. | 15 |
| Figura 7: Valores medios de Materia Orgánica (MO) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 17 |
| Figura 8: Valores medios de Nitrógeno Total (N total) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 17 |
| Figura 9: Valores medios de conductividad eléctrica (CEes) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 18 |
| Figura 10: Análisis de componentes principales (PCA), donde se representan las propiedades del suelo y la abundancia de microorganismos (hongos y bacterias) para los distintos manejos. | 19 |
| Figura 11: Regresión lineal. Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (Materia Orgánica) para ambos manejos. | 20 |
| Figura 12: Regresión lineal. Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (N total) para ambos manejos. | 21 |
| Figura 13: Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (CEes) para ambos manejos. | 21 |
| Tabla 1: Comparación de las prácticas de los manejos: convencional y con enfoque agroecológico. | 8 |
| Tabla 2: Comparación de las propiedades físicas y químicas del suelo entre ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$). | 16 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentación.

Tanto en Argentina como en todo el mundo existe una creciente preocupación por la sustentabilidad de los modelos de producción agrícola, en particular, por los impactos negativos y los pasivos ambientales derivados de la implementación del modelo agrícola convencional (Landini y Berabendi, 2020). Se entiende por agricultura convencional al modelo productivo derivado de la implementación de los principios de la revolución verde. Este modelo se caracteriza por el predominio del monocultivo, el uso de variedades con alto potencial de rendimiento (generalmente híbridas o transgénicas), un elevado nivel de mecanización, uso intensivo de insumos agrícolas externos como semillas, fertilizantes de síntesis química y diversos agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas (Sarandón y Flores, 2014). Esto ha permitido aumentar la producción y la productividad de la agricultura tanto que las tasas de producción de alimentos han superado la tasa de crecimiento de la población (Silva et al., 2017).

Las consecuencias de este tipo de producción a nivel ambiental son numerosas, entre las que se pueden mencionar, la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos; la contaminación con agroquímicos de suelos, agua y alimentos; la deforestación, la ineficiencia energética, la dependencia de combustibles fósiles y la contribución al calentamiento global; la pérdida de biodiversidad y de variabilidad genética; la eliminación de insectos benéficos y la disminución de la resiliencia de los ecosistemas; y el desarrollo de resistencia a los plaguicidas, entre otros (Landini y Beramendi, 2020). Asimismo, cabe aclarar que la agricultura es la principal fuente de la emisión de gases de efecto invernadero y pérdida de los ecosistemas naturales del mundo (Andrade, 2016).

En la provincia de Mendoza la vitivinicultura es una de las actividades agrícolas y económicas dominante ya que es el tercer sector que más aporta al producto bruto geográfico (PBG), representa el mayor porcentaje en cuanto a las exportaciones mendocinas (54%) y constituye el 72% de la producción de vinos y mostos a nivel nacional (IERAL, 2021). Su dinámica actual se enmarca en las lógicas del capitalismo globalizado haciendo un uso intensivo de los recursos naturales (Brignardello, 2017), ya que aproximadamente el 97% de la superficie con vid de la provincia se cultivan de manera convencional (INV, 2022).

Las prácticas agrícolas convencionales de viñedos en Mendoza se caracterizan por aplicar diferentes productos de síntesis para el manejo fitosanitario, fertilización y control de malezas (Uliarte et al., 2019). Todos estos agroquímicos utilizados afectan la dinámica de las poblaciones microbianas del suelo y por consiguiente las funciones que las mismas tienen (Sterren, 2019). Por ejemplo, los procesos microbianos cumplen un papel fundamental en el estado nutricional

de la vid, por lo tanto, si las comunidades de hongos y bacterias son afectadas por los insumos que se aplican, se ve afectada la interacción positiva entre microorganismos y planta (Peregrina et al., 2014; Novara et al., 2013).

En este sentido, en suelos vitícolas con tratamiento convencional (con aplicación de fertilizantes sintéticos), se reportaron menores niveles de actividad de las enzimas fosfatasas ácidas y alcalinas respecto de suelos de viñedos convertidos en áreas protegidas, y lo explicaron como una respuesta negativa a la fertilización inorgánica (Cavani et al., 2016). Agregando a la anterior, se ha documentado que la aplicación de glifosato en un viñedo de suelos áridos generó una carga bacteriana significativamente menor que en las partes del mismo que no se utilizó el herbicida (Medina, 2018). De igual manera, estudios de Sterren (2019) afirman que, si bien el residuo de glifosato es diferente para cada tipo de suelo y práctica de manejo, en general produce un impacto inhibitorio inmediato en las primeras horas sobre la actividad respiratoria microbiana.

Asimismo, esta situación puede verse agudizada cuando algunas prácticas vitícolas tradicionales, como por ejemplo: aplicaciones de fungicidas, insecticidas y fertilizantes (principalmente aquellos de síntesis química y minerales), son realizadas de manera inadecuada; o cuando las labranzas con arados de reja y vertedera, son reemplazadas por la aplicación de herbicidas y uso de suelo sin coberturas, ya que se generan graves desequilibrios ecológicos en el suelo. Estos son: reducción de la infiltración de agua, aumento de la escorrentía, mayor riesgo de erosión y compactación, problemas de tracción de maquinaria, contaminación, disminución de la fertilidad, pérdida de biodiversidad, perjuicios a la meso y microfauna benéfica, contaminación del agua y potenciales riesgos para la salud humana (Uliarte et al., 2019).

Respecto a los compuestos químicos que quedan en los suelos, en un estudio realizado en suelos de agricultura intensiva que abarca viñedos, frutales y hortalizas de los tres oasis productivos de la provincia de Mendoza (norte, centro y sur), se destacaron contenidos elevados de cobre, debido a los tratamientos fitosanitarios tradicionales utilizados (Martí et al., 2011). Del mismo modo, Uliarte y colaboradores (2019) advierten que la complejidad para controlar todos los factores que intervienen en los tratamientos fitosanitarios determinan una elevada ineficiencia en las aplicaciones de agroquímicos, por lo tanto, se verificó que en viñedos la proporción del líquido pulverizado que queda en la vegetación objetivo es menor o igual al 55% del volumen total aplicado, aproximadamente 25% termina en el suelo y el 20% restante se pierde en el aire.

Puede afirmarse, además, que la calidad y estado del suelo influye considerablemente sobre el medio en el que se ubica y repercute en las actividades sociales y económicas de los grupos humanos que se asientan en ese territorio. A su vez, estos grupos ejercen diferente grado de presión sobre el suelo generando una afectación y deterioro del mismo (Gardi et al., 2014). La historia, da cuenta de cómo el suelo es parte de la vida de los seres humanos, no obstante, es el gran olvidado cuando se alude a los recursos naturales (Burbano-Orjuela, 2016). Por esto, actualmente se pone en la mira como debe ser manejado, no solo para la producción de alimentos sino para preservar los servicios ecosistémicos y regular el clima (FAO, 2015).

En base a la situación anteriormente expuesta, actualmente están tomando fuerza otros tipos de manejos tendientes a la sostenibilidad de los sistemas, empleando prácticas más afables y respetuosas con el medio ambiente y la sociedad. Estos manejos promueven la producción agrícola apoyada en la conservación de los recursos naturales elementales tales como el suelo, el agua y la biodiversidad (Mamani de Marchese y Filipone, 2018). Por lo tanto, buscan que las prácticas se orienten a mejorar la capacidad del cultivo para resistir o tolerar plagas y enfermedades mediante la manipulación de las propiedades biológicas de los suelos y la creación de una infraestructura vegetal que albergue enemigos naturales y polinizadores, ya que el incremento de las interacciones ecológicas positivas arriba y abajo del suelo constituye un camino sólido y sostenible para optimizar la función del agroecosistema (Nicholls et al., 2015).

En esta misma línea, la agroecología se posiciona como un campo de conocimientos, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y un fuerte componente ético, para generar conocimientos, validarlos y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables. Además, busca una producción eficiente y rentable a largo plazo, considerando el costo ecológico, que promueva la conservación de suelos, agua, energía y recursos biológicos; una disminución del riesgo debido a fluctuaciones ambientales tanto bióticas como abióticas, o de mercado logrando una mayor estabilidad y resiliencia en el tiempo; basándose en un mayor aprovechamiento de procesos naturales como el reciclaje de materia orgánica y nutrientes, fijación de nitrógeno, alelopatías y diferentes relaciones ecológicas (Sarandón y Flores, 2014).

A nivel local, existen investigaciones que han analizado viñedos con manejos más sustentables. Se han estudiado diferentes metodologías de compostaje y obtención de té de compost, bioles y su aplicación periódica al cultivo. También, tecnologías alternativas para el control de malezas y programas fitosanitarios de menor impacto. Se han realizado evaluaciones de propiedades edáficas químicas, biológicas, rendimiento y composición vegetal, con diferentes tipos y modos de aplicación de abono orgánico (Funes Pinter et al., 2021; Martínez et al., 2018; Uliarte et al., 2019). Cada uno de estos estudios contribuye el camino hacia la sostenibilidad en la viticultura. Esta tesis se suma como un nuevo antecedente en la transición hacia prácticas de menor impacto ambiental en la producción de uva.

Asimismo, de manera de contribuir a la base de conocimientos locales y dada la importancia de proteger, la biodiversidad microbiológica de los suelos y los suelos de los agroecosistemas, es necesario adoptar prácticas de manejo sostenible en el cultivo de la vid. Es por esto que, se propone como objeto de estudio determinar el efecto de la aplicación de diferentes prácticas de manejo sobre los microorganismos del suelo de un viñedo, y la relación con las características físicas y químicas edáficas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto que produce un manejo con enfoque agroecológico y uno convencional, sobre la abundancia de hongos y bacterias presentes en el suelo, las propiedades de este y la relación entre ambos.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la abundancia de hongos y bacterias del suelo con distintos manejos.
2. Determinar las propiedades físicas y químicas de suelos con distintos manejos.
3. Relacionar las propiedades del suelo con la abundancia de hongos y bacterias a partir de los diferentes manejos.

1.3 Hipótesis

1. La abundancia de hongos y bacterias es mayor en el suelo donde se aplicó un manejo con enfoque agroecológico.
2. El manejo con enfoque agroecológico mejora las propiedades del suelo en relación al manejo convencional.
3. Existen relaciones positivas entre las propiedades del suelo y la abundancia de hongos y bacterias edáficas.

1.4 Marco teórico

El suelo es un recurso natural finito que se concibe como un cuerpo natural, que se forma en relación estrecha con el medio y adquiere propiedades y características debido a la interrelación de los factores y procesos que inciden en su formación (Hernández-Vigoa et al., 2018). El mismo presta diversos servicios ecosistémicos como el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos de elementos claves para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, entre otros; también brinda soporte de las actividades humanas y es fuente de materias primas, y tiene una importante participación en el ciclo del agua (Burbano-Orjuela, 2016). Asimismo, los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables, sostienen la biodiversidad del planeta al albergar una cuarta parte de la misma y ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático por participar en el ciclo del carbono (FAO, 2015).

La mayoría de los procesos que ocurren en los agroecosistemas tienen al suelo como el centro regulador crítico; en esta percepción confluyen aspectos ligados con su vulnerabilidad, con su lenta formación y renovación y con el reconocimiento de los múltiples servicios que presta el suelo al ser humano. El mismo contiene no sólo una proporción grande de la biodiversidad de la

tierra sino también proporciona el substrato físico para la mayoría de las actividades humanas resultando también un componente crítico de la biosfera (Labrador, 2008).

Sumado a lo anterior, el suelo es considerado como un organismo vivo porque alberga una gran diversidad de macro y microorganismos (Varón y Delgado, 2021), estos últimos son bacterias, algas, hongos, virus y protozoarios, y pueden ser benéficos o dañinos (Higa y Parr, 2013). Entre los primeros se encuentran aquellos capaces de mejorar la calidad del suelo, el crecimiento, la productividad y la sanidad de las plantas a través de la fijación de nitrógeno atmosférico, la descomposición de desechos y residuos orgánicos, la desintoxicación y supresión de enfermedades en plantas, el incremento del reciclaje de nutrientes y la producción de componentes bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas. En tanto, los microorganismos dañinos, son capaces de producir enfermedades en las plantas, inmovilizar nutrientes, producir toxinas y sustancias que afectan negativamente el crecimiento y sanidad de los cultivos (Higa y Parr, 2013).

Las actividades microbianas son determinantes de la fertilidad del suelo (Soria, 2016). Las bacterias celulolíticas, nitrificadoras, son las responsables en la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Sarandón y Flores, 2014). Asimismo, tanto hongos como bacterias son importantes reguladores de la productividad vegetal, especialmente en ecosistemas pobres en nutrientes donde los simbioses son responsables de la adquisición de los nutrientes limitantes. No obstante, los microorganismos de vida libre del suelo también regulan fuertemente la productividad vegetal no sólo a través de la mineralización y liberación de nutrientes, sino a través de la propia competencia por estos compuestos requeridos por las plantas (Allegrini, 2017).

Chávez y colaboradores (2013) estudiaron los efectos de algunos agroquímicos aplicados en dosis comerciales en un cultivo de arroz para el control de plagas. Dicho estudio concluyó que estos tuvieron impacto sobre la microbiota, de manera que los microorganismos más afectados fueron los hongos, los actinomicetos y los solubilizadores de fósforo, ya que se observaron reducciones en su abundancia. Otra investigación realizada con el objetivo de evaluar el impacto de glifosato en comunidades microbianas del suelo, reveló un efecto negativo cuando existen aplicaciones repetidas de glifosato en microorganismos involucrados en procesos claves para el ciclo del carbono y el nitrógeno en el suelo (Allegrini, 2017).

De igual manera, las prácticas usadas en la agricultura convencional afectan los suelos de manera negativa principalmente por favorecer los procesos de erosión hídrica y eólica, por la reducción de la materia orgánica y la fertilidad, por la reducción de la calidad de la estructura y el aumento de la compactación, y por salinización y anegamientos como resultado de la alteración de los procesos hidrológicos (Andrade et al., 2017). Esta degradación se ha producido principalmente por las labranzas utilizadas, por cultivar en suelos con pendientes, por dejar a los mismos desprotegidos sin coberturas durante los barbechos, por el reemplazo de grandes

extensiones de sistemas biológicos complejos por monocultivos y por malas prácticas de riego (Andrade, 2016).

Frente a esto han surgido corrientes que promueven la sustentabilidad tanto del suelo como del agroecosistema que incluyen diversas técnicas como ocasionar el mínimo disturbio físico al suelo, utilizar cubiertas vegetales y recuperar la materia orgánica de los suelos, disminuir el uso de agroquímicos y diversificar los cultivos. El empleo de estas técnicas protege el suelo de la erosión, aumenta el contenido de materia orgánica, la fertilidad, la estabilidad de los agregados, la capacidad de retención hídrica, la aireación y la dinámica biológica (Andrade, 2016; Etchevers et al., 2016). Altieri (2001) afirmó que, en viñedos, prácticas agroecológicas como el uso de cultivos de cobertura mejora la fertilidad, estructura y permeabilidad del suelo, previene la erosión, modifica el microclima y reduce la competencia de malezas.

Por otro lado, Di Ciocco et al., (2014), estudiaron suelos de la provincia de Buenos Aires y determinaron que existen correlaciones entre las propiedades del suelo con variables microbiológicas. Sus resultados indicaron que el contenido de fósforo, nitrógeno total, materia orgánica y conductividad eléctrica favorecieron la respiración edáfica y la actividad nitrogenasa. Adicionalmente, indicaron que la actividad microbiológica refleja la existencia del gradiente de intensidad de uso de los suelos, es decir mientras más intensivo es el uso, menos respiración edáfica y actividad nitrogenasa existe.

De igual manera, otro estudio concluyó que la mayor biomasa microbiana se correlacionó con una adecuada conductividad hidráulica y apropiado porcentaje de macroporos, mientras que una mayor densidad aparente y menor conductividad hidráulica se manifestó en menores valores de respiración y biomasa microbiana. Esto demuestra el mejoramiento en las condiciones físicas del suelo, resulta en una mayor actividad biológica y viceversa (Jaurixje et al., 2013).

En la misma línea, Larios y colaboradores (2014), compararon un manejo convencional con uno agroecológico en un cultivo de café y concluyeron que los sistemas con prácticas agroecológicas registraron mayor porosidad, retención de humedad y menor densidad aparente en los suelos, lo que permite una mejor conservación de agua en el mismo. Además, determinaron que existe una relación entre los sistemas agroecológicos con los componentes físico-químicos del suelo, definiéndose asociaciones entre la fertilidad química del suelo y las poblaciones de bacterias. Además, especificaron una relación entre las poblaciones de hongos, la retención de humedad y la porosidad del suelo.

En cuanto a cultivos de vid, otro estudio comparó diversas propiedades del suelo de un viñedo con diferentes manejos agrícolas. Se encontró que los valores de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y relación C/N, fueron mejores en los tratamientos con prácticas agroecológicas que en los tratamientos donde se aplicaron prácticas convencionales (Sánchez Fernández, 2015).

Agregando a lo anterior, un estudio realizado en cultivos de maíz con distintos manejos, en el sistema agroecológico se mostró mayor abundancia y diversidad de micro y macro organismos, influenciado por un adecuado contenido de materia orgánica reportada para este sistema (Martínez Aguilar et al., 2020). Del mismo modo, otra investigación en diversos cultivos de lechuga con diferentes manejos (agroecológico y convencional), determinó que el suelo bajo prácticas de manejo agroecológico sostiene mayor abundancia y diversidad de biota edáfica que el suelo bajo manejo convencional. Además, establecieron que el sitio con mayor tiempo de prácticas agroecológicas (10 años consecutivos), albergó mayor riqueza de meso y micro organismos, y conservó la biota a lo largo de su desarrollo (Salazar Martínez y De Luca, 2015).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en Perdriel, Luján de Cuyo, en una finca de vid de 8 hectáreas (ha) iniciada en el año 1915, cuyas plantas se han ido renovando a través del tiempo, el sistema de conducción es espaldero bajo y el riego es gravitacional por surco. El viñedo se presenta asociado a plantas de olivo, lo cual constituía una práctica agrícola tradicional en la región. En un sector de esta superficie, se ha establecido un módulo experimental en el cual se aplican prácticas con distintos manejos agrícolas. Dicha experiencia se encuentra dentro del marco del proyecto disciplinario de INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) denominado “Desarrollo de sistemas productivos para áreas de amortiguamiento e interfases urbano/periurbano-rural que promuevan el resguardo ambiental y la producción de calidad”.

La parcela experimental es de 1 ha aproximadamente, donde en 0,5 ha se realizan prácticas de manejo con enfoque agroecológico que consisten principalmente en el uso de coberturas vegetales y la aplicación de bioinsumos. La selección de coberturas incluyó una mezcla de especies anuales y perennes, las primeras como abono verde, generación y aporte de biomasa y las segundas para generar franjas con diversidad de especies, atracción de enemigos naturales e incremento de actividad biológica en el suelo. Todas estas fueron sembradas a inicios de la primavera temporada 2020. Al momento de tomar las muestras, en abril 2022, se encontraron especies anuales, perennes y espontáneas entre las que predominaban pata de ganso (*Eleusine indica*), capín (*Echinochloa crus-galli*), pasto cuaresma (*Digitaria sanguinalis*), avena (*Avena sativa*), albahaca silvestre (*Galinsoga parviflora*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

En 2020, se inició la aplicación de bioinsumos utilizando compost producido en la finca, el cual fue elaborado a partir de orujos provenientes de la bodega, estiércol de vaca y restos vegetales. En los años 2021 y 2022, se continuó con la aplicación de compost externo. Asimismo, se llevaron a cabo aplicaciones de biol vía suelo como fertilizante y té de compost vía foliar para control de enfermedades.

Por otro lado, en la otra mitad de la parcela experimental el manejo fue convencional, es decir, no se usaron cultivos de cobertura, se aplicó herbicida sobre la hilera (aproximadamente 8 litros por hectárea, por año), se utilizó maquinaria pesada para realizar movimientos de suelo y además se utilizaron productos de síntesis química tanto para fertilizar (urea), como para el control fitosanitario. Este último constó de aplicaciones de azufre (2,5 kg/ha) durante la brotación y el cuaje; Miclobutanil (100 cc/ha) en el cuaje; y Mancobez con Metalaxil-M (250g/hL) en la floración. Por otro lado, al momento del cierre de racimo se añadió caldo bordelés (preparado con 5kg de cobre y 12kg de cal) en los dos manejos (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1: Comparación de las prácticas de los manejos: convencional y con enfoque agroecológico.

| Prácticas | Manejo con enfoque agroecológico | Manejo Convencional |
|--------------------------|--|---|
| Cobertura vegetal | Especies anuales, perennes y espontáneas | Ausencia |
| Control de maleza | No se realiza | Aplicación de glifosato (8 l/ha/año) |
| Control fitosanitario | Aplicaciones por temporada: -Té de compost (3) -Caldo bordelés (1) | Aplicaciones por temporada: -Caldo bordelés (1) -Productos de síntesis química (2) -Azufre (2) |
| Mejoramiento nutricional | Aplicación de: -Compost - Biol | -Aplicación de: -Urea |
| Labranza | Sin labranza | Con labranza (Rastra) |



Figura 1: Foto de la izquierda muestra el sector de la parcela con manejo convencional y la de la derecha el sector con enfoque agroecológico.

2.2 Toma de muestras de suelo

De la parcela experimental, siguiendo un diseño de bloques al azar, se extrajeron 18 muestras de suelo, a una profundidad de 20-30 cm de profundidad, utilizando un barreno. Se eligieron al azar tres hileras con prácticas con enfoque agroecológico, y tres hileras con manejo convencional. En cada una de las hileras seleccionadas, se tomaron tres muestras en cabecera, medio y pie de la hilera. Cada uno de estos sitios, correspondió a un bloque que fue determinado por el sistema de riego utilizado en la finca.

2.3 Laboratorio

2.3.1 Acondicionamiento de muestras de suelo

Las muestras obtenidas se dividieron en dos, una parte para análisis microbiológico las cuales se etiquetaron correctamente y se almacenaron a 4°C hasta el momento del análisis. La otra parte fue transportada al laboratorio de suelos que realizó el análisis físico químico edáfico.

2.3.2 Preparación de medios de cultivos y siembra de hongos y bacterias

Para el aislamiento y el recuento de hongos y bacterias de suelo, se siguió la metodología de siembra "Recuento en placa por agotamiento en superficie" (Frioni, 2006). En primer lugar, se prepararon los medios de cultivo agar papa glucosado con antibiótico cloranfenicol (APGc) para recuento y aislamiento de hongos cultivables y para bacterias Agar Nutritivo (AN). Luego, se pesaron 10 gramos de suelo de cada muestra y se colocaron 90 mL de agua destilada estéril en frascos de vidrio, a partir de allí se realizaron diluciones seriadas. Posteriormente, se tomaron alícuotas de 0,1 mL de estas diluciones y se sembraron por duplicado en los medios de cultivo. Luego con una barra de vidrio estéril se distribuyó la muestra homogéneamente en cada caja de Petri de manera de separar lo más posible las unidades formadoras de colonias. Finalmente, las cajas de Petri fueron incubadas en estufa a 25°C durante 36 horas.

2.3.3 Recuento y repique

Siguiendo la metodología de siembra, bajo lupa binocular estereoscópica se realizó el recuento de colonias. Con los valores obtenidos se calculó el número de bacterias y de hongos como unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/g).

$$UFC/g = (NC * 1/FD * 1/V)$$

Donde:

UFC/g= unidades formadoras de colonias / gramo de suelo.

NC = número de colonias contadas en la caja de Petri.

FD = factor de dilución

V= volumen inoculado en la caja = 0,1 mL

Posteriormente, solo para los hongos se eligió una de las repeticiones y se realizó el repique de cada colonia a cajas de Petri con medio de cultivo APG. Luego, se incubaron en estufa a 25°C durante 15 días.

2.3.4 Identificación morfológica de hongos

Al cabo de un tiempo, cuando se observó el desarrollo de colonias (Figura 2), las mismas se identificaron mediante la observación bajo microscopio. Para esto, se tomó un pequeño fragmento de cada colonia con una aguja estéril. Este fragmento se colocó sobre un portaobjetos, y se le añadió una gota de colorante de gueguén para resaltar las características de la colonia.

Luego, se cubrió el portaobjetos con un cubreobjetos y a través del microscopio, se examinaron en detalle las características del micelio y las estructuras reproductivas obteniendo así el género de las colonias de hongos.

2.3.5 Determinación de propiedades físicas y químicas del suelo

Las muestras de suelo separadas para el análisis físico-químico se llevaron al “Laboratorio de suelo, agua y material vegetal” perteneciente al INTA EEA Mendoza. Del mismo se obtuvo un diagnóstico de las propiedades físicas y químicas del suelo. El volumen de sedimentación se obtuvo por el método volumen de sedimentación (Nijensohn y Pilasi, 1962), pH se obtuvo por potenciometría (Richards, 1973), la conductividad eléctrica (CEes) por conductimetría (Richards, 1973), el contenido de fósforo disponible (P) mediante el método Arizona (George & Breazeale, 1931; Nijensohn., et al 1972), el nitrógeno total (N) en base al Método de Kjeldahl (IRAM, 2011) y el potasio intercambiable (K) con la Técnica de equilibrio con acetato de amonio (Knudsen et al., 1982). Además, el contenido de materia orgánica (MO) se obtuvo mediante la determinación de carbono oxidable por mezcla oxidante fuerte (Walkley & Black, 1934) y la relación carbono/nitrógeno (C/N) se determinó a partir de la relación entre carbono de la materia orgánica y el nitrógeno total.

2.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el software InfoStat. En primer lugar, se comparó la abundancia de microorganismos (hongos y bacterias) entre los distintos manejos incluyendo el efecto bloque (cabeza, medio y pie), mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA). Del mismo modo, se compararon las propiedades físicas y químicas del suelo para los distintos manejos, mediante el mismo análisis. La comparación de medias se realizó por el test de LSD Fisher con un nivel de significancia menor a 0,05.

Por otro lado, se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Esto se hizo de manera de ilustrar la relación entre las propiedades del suelo, la abundancia de hongos y la abundancia de bacterias en cada manejo.

Finalmente, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple con un grado de significancia igual a 0,05. Se determinó analíticamente la relación entre la abundancia de hongos y bacterias (variable dependiente) con las propiedades del suelo (variables regresoras). Para el análisis entre la abundancia de hongos y las propiedades del suelo se transformó al manejo en una variable Dummy de manera de incluirlo en el análisis.

3. RESULTADOS

3.1 Abundancia de hongos y bacterias

3.1.1 Hongos

La abundancia de hongos totales, en el manejo con enfoque agroecológico, fue significativamente mayor (más del triple) que en el manejo convencional ($p < 0,0001$). En la figura 2 se observan los valores medios de abundancia de hongos de cada manejo y el error estándar correspondiente.

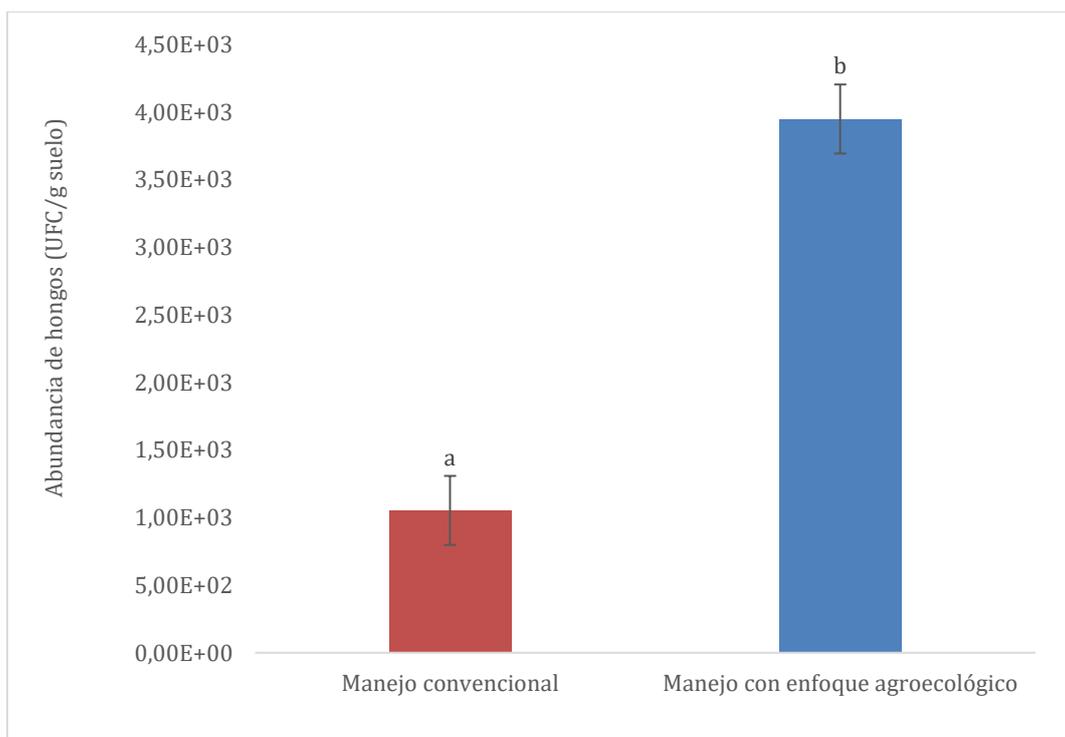


Figura 2: Abundancia de hongos (UFC/g de suelo) para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

3.1.3 Bacterias

Los resultados obtenidos mostraron que no hubo diferencias significativas ($p = 0,9658$) en la abundancia de bacterias aerobias totales en los diferentes manejos, lo que se observa en la figura 3 donde la media y el error estándar de la abundancia de bacterias no difieren apreciablemente.

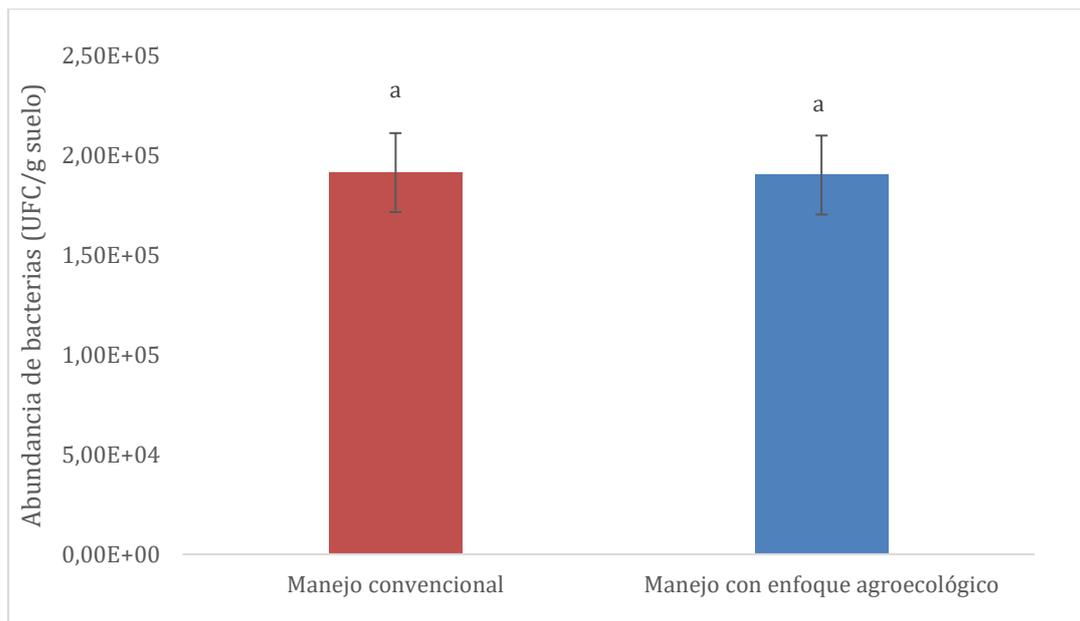


Figura 3: Abundancia de bacterias (UFC/g de suelo) para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

3.2 Identificación de hongos

Las observaciones microscópicas de las colonias de hongos en los distintos manejos se realizaron en una parte del total de hongos repicados. En el manejo convencional se identificó la mitad del total de hongos repicados (50,3%). Los principales fueron *Fusarium* spp (25,4%), seguido de *Talaromyces* spp. (10%), *Scedosporium* spp. (3,8%), *Clonostachys* spp. (2%), *Alternaria* spp. y *Myrothecium* spp. (1,7%), *Aspergillus* spp. (1,6%), *Ulocladium* spp. (1,1%), *Cylindrocarpon* spp. (0,8%) y *Trichoderma* spp. (0,7%) (Figura 4 y 6).

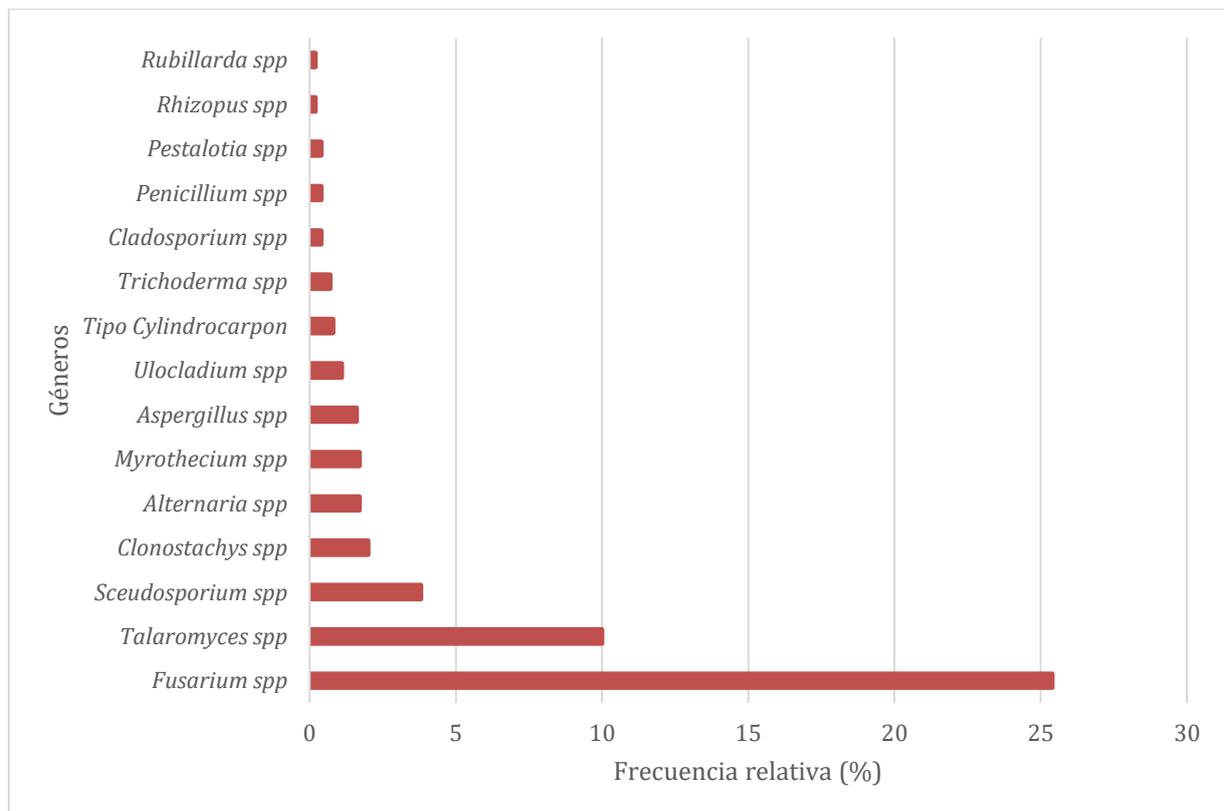


Figura 4: Frecuencia relativa (%) de géneros de hongos encontrados en el manejo convencional.

Por otro lado, en el manejo con enfoque agroecológico se identificó el 38,2% del total de hongos repicados. Se encontraron más géneros de hongos con respecto al convencional y se observó una proporción más equitativa de los mismos. En primer lugar, se posicionó *Fusarium spp.* (11,4%), se encontraron mayores cantidades de *Aspergillus spp.* y *Clonostachys spp.* (4,1%), seguidos de *Trichoderma spp.* (3,5%), *Alternaria spp.* (3%), *Rhizopus spp.* (2,7%), Tipo *Cylindrocarpon* (2,2%), *Ulocladium spp.* (1,9%), *Cladosporium spp.* (0,8%) y *Drechslera spp.*, *Curvularia spp.*, *Acremonium spp.*, tipo *Phomopsis* y tipo *Pythium* (0,3%) (Figura 5 y 6).

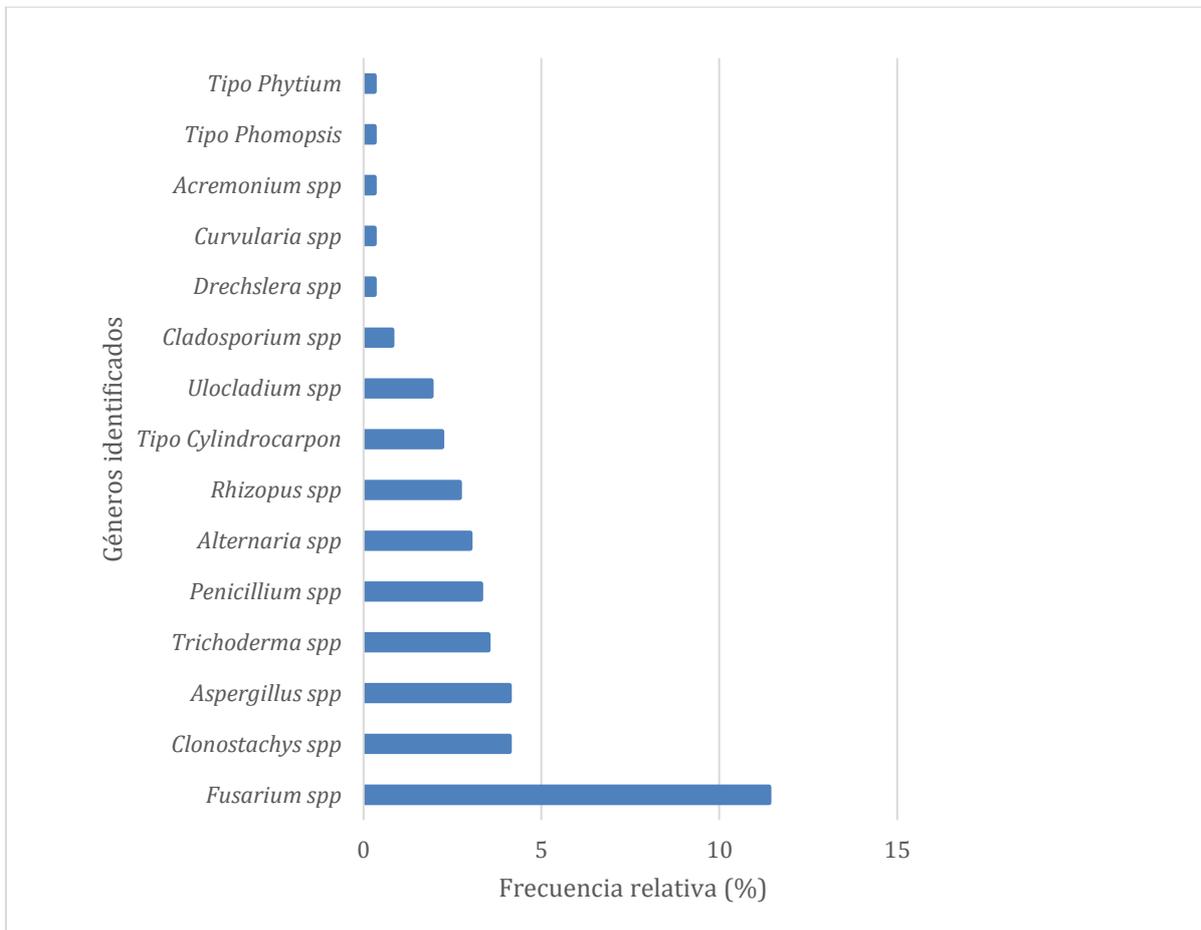


Figura 5: Frecuencia relativa (%) de géneros de hongos encontrados en el manejo con enfoque agroecológico.



Figura 6: Desarrollo de colonias de hongos de los géneros identificados relevantes en vid.

3.3 Propiedades físicas y químicas del suelo

El suelo posee una textura franca o franca limosa, no es salino y el pH es neutro levemente alcalino. En cuanto los parámetros de fertilidad, los valores de nitrógeno total son altos, mayor a 1000 mg/kg, al igual que los de fósforo disponible, mayores a 6,5 mg/kg. Los niveles de potasio intercambiable se encuentran entre alto y bueno, mayores a 150 mg/kg. Además, el contenido de materia orgánica en los distintos puntos de muestreo es bueno ya que se hallaron valores cercanos a 2 g%g. La relación carbono/nitrógeno indica que el suelo se encuentra en mineralización (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación de las propiedades físicas y químicas del suelo entre ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

| Propiedades físicas y químicas del suelo | Manejo convencional (media \pm error estándar) | Manejo con enfoque agroecológico (media) | p-valor |
|--|--|--|---------|
| Volumen de sedimentación (cm ³ %g) | 102,44 \pm 0,87 a | 104,44 \pm 0,87 a | 0,1227 |
| Conductividad eléctrica en extracto de saturación (dS/m) | 1,61 \pm 0,09 b | 1,26 \pm 0,09 a | 0,0210 |
| pH pasta | 7,77 \pm 0,02 a | 7,72 \pm 0,02 a | 0,0770 |
| Nitrógeno total (mg/kg) | 1239,44 \pm 41,27 a | 1423 \pm 41,27 b | 0,0063 |
| Fósforo disponible(mg/kg) | 20,77 \pm 1,50 a | 19,31 \pm 1,5 a | 0,5007 |
| Potasio intercambiable(mg/kg) | 223,22 \pm 17,49 a | 191,67 \pm 17,49 a | 0,2202 |
| Materia Orgánica (g%g) | 1,98 \pm 0,06 a | 2,28 \pm 0,06 b | 0,0018 |
| Relación C/N | 9,25 \pm 0,23 a | 9,39 \pm 0,23 a | 0,6651 |

La comparación en los distintos manejos, manifestó que la materia orgánica y el nitrógeno total fueron significativamente diferentes ($p=0,0018$ y $p=0,0063$ respectivamente), y mayores en los suelos con manejo con enfoque agroecológico (Figura 7 y 8). La conductividad eléctrica en extracto de saturación, también resultó significativamente diferente entre los dos manejos ($p=0,0108$), presentando valores menores en el manejo con enfoque agroecológico (Figura 9). Las demás propiedades edáficas no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2).

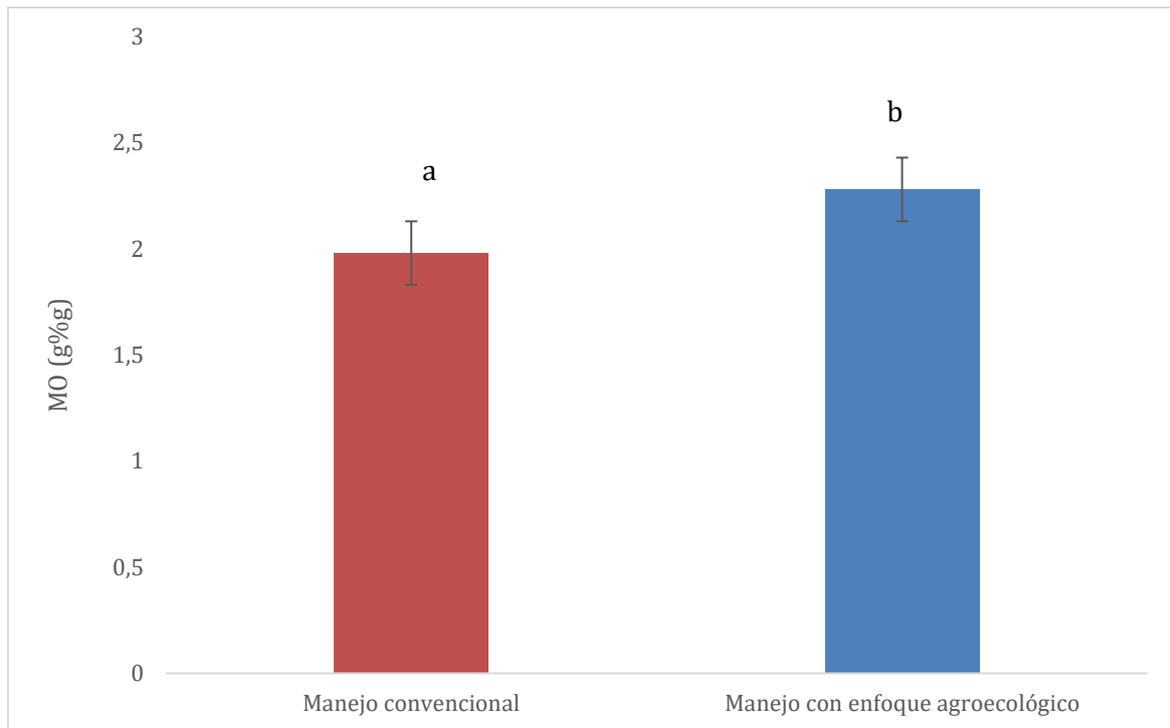


Figura 7: Valores medios de Materia Orgánica (MO) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

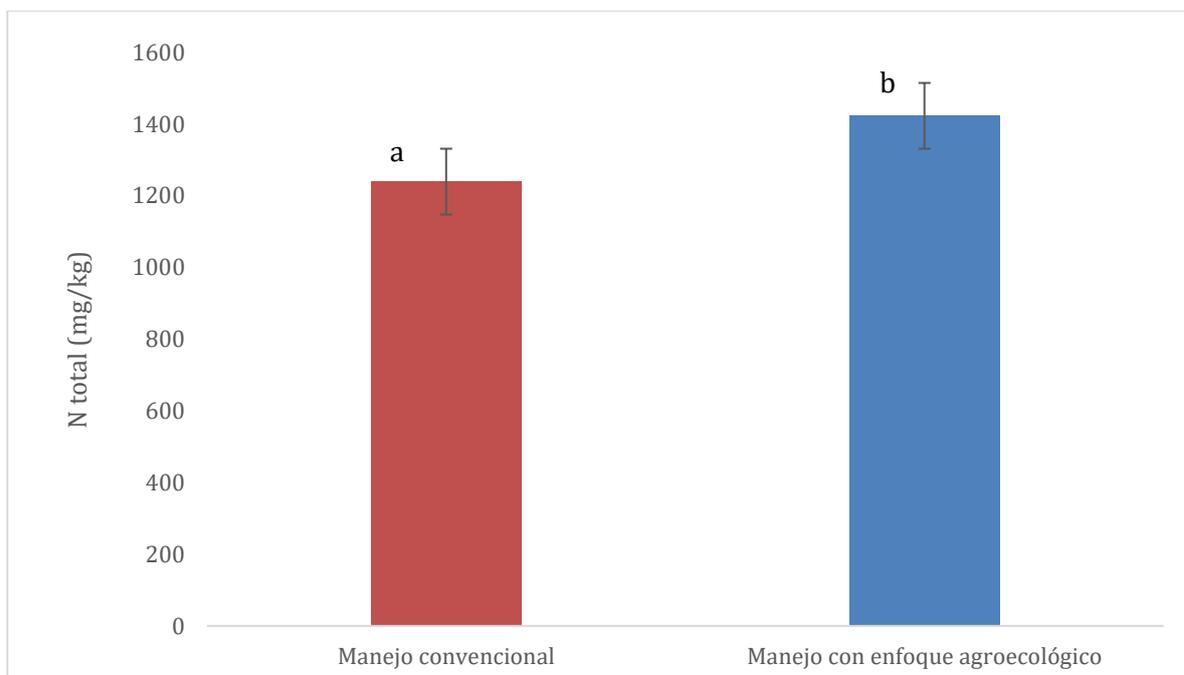


Figura 8: Valores medios de Nitrógeno Total (N total) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

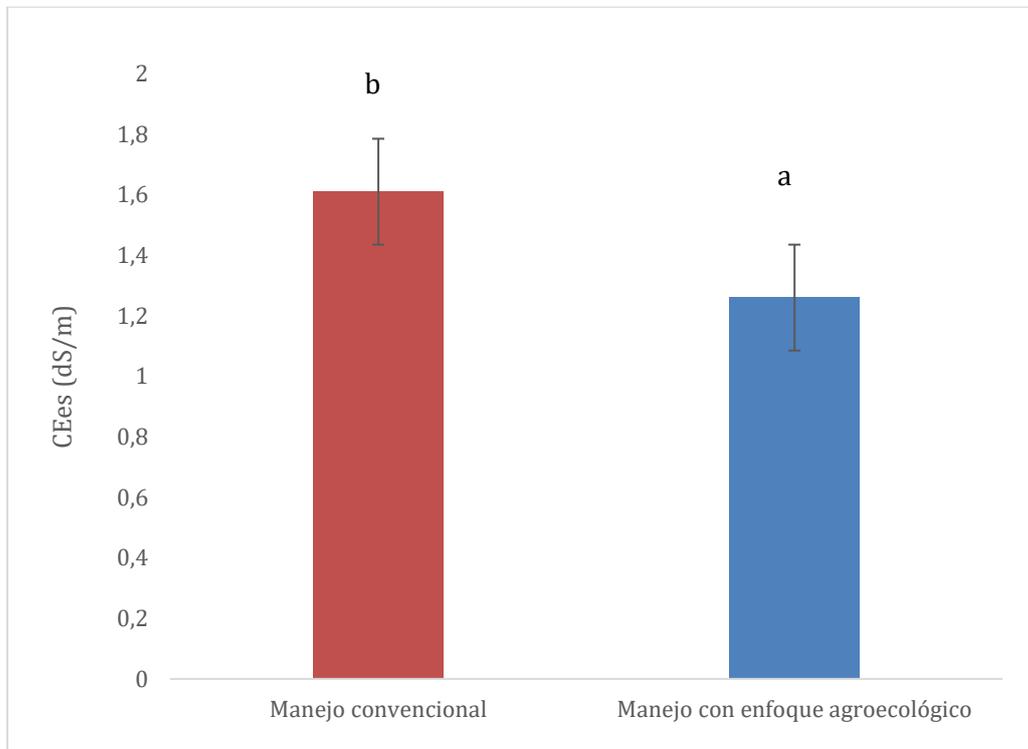


Figura 9: Valores medios de conductividad eléctrica (CEes) y error estándar para ambos manejos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba de Fisher LSD, $p < 0,05$).

3.4 Relación entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la abundancia de hongos y bacterias

Los resultados del análisis de componentes principales (PCA) revelaron una separación clara entre el manejo con enfoque agroecológico y el manejo convencional en relación a diferentes propiedades del suelo y a la abundancia de hongos y bacterias. En el caso del manejo con un enfoque agroecológico, se encontró una asociación con la materia orgánica, abundancia de hongos, nitrógeno total, y volumen de sedimentación (Figura 10).

Por otro lado, en el manejo convencional, se identificó una asociación con la abundancia de bacterias y variables como los niveles de potasio intercambiable, fósforo disponible y pH. Esto quiere decir que, si bien no es significativa la diferencia de abundancia de las bacterias en los distintos manejos, en el manejo convencional hubo un pequeño incremento en la cantidad de bacterias. Del mismo modo, el potasio, el fósforo y el pH tuvieron valores mayores en el manejo convencional, por lo que se asocian a este (Figura 10).

Por último, la CEes y la relación C/N (vectores más alejados del eje x) no aportan variabilidad a la componente 1 (eje x) que es la que explica el 100 % de la variabilidad de los datos analizados. Es decir, su efecto o impacto en la variabilidad de los datos es mínimo, en comparación con las otras variables consideradas en el análisis, no aportan ni al manejo agroecológico, ni al manejo convencional. Como se mencionó anteriormente, son las demás variables las que explican la mayor parte de la variabilidad de los datos para cada tipo de manejo del suelo (Figura 10).

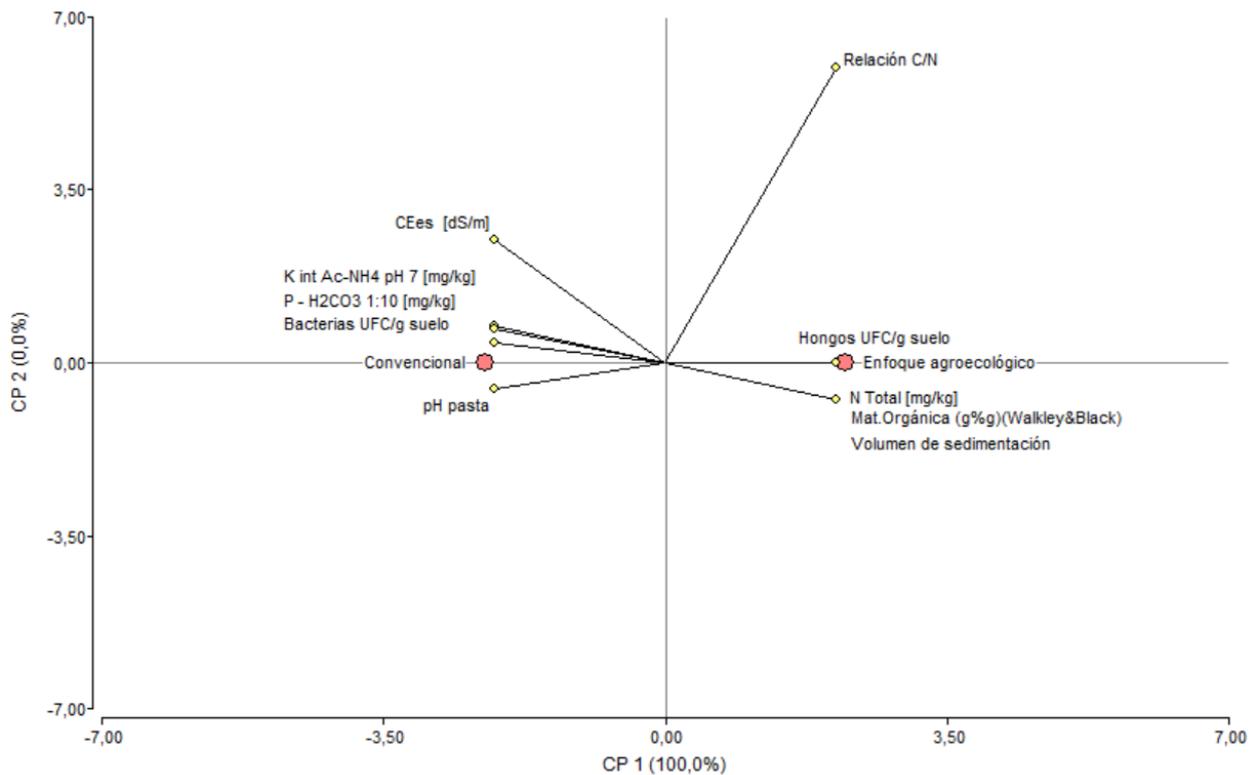


Figura 10: Análisis de componentes principales (PCA), donde se representan las propiedades del suelo y la abundancia de microorganismos (hongos y bacterias) para los distintos manejos.

Por otra parte, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple probando que propiedades del suelo explicaban mejor la abundancia de hongos y bacterias en los distintos manejos. Para bacterias no se encontró un modelo estadísticamente significativo.

Para la abundancia de hongos se realizaron dos modelos, uno para cada tipo de manejo. Los resultados mostraron que ambos fueron estadísticamente significativos, con un p-valor de 0,0004, lo que indica que las variables regresoras utilizadas en los modelos tienen un impacto significativo en la abundancia de hongos. Estas variables son la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno total y la conductividad eléctrica del suelo. Además, se obtuvo que el coeficiente de determinación (R^2) fue igual a 0,78, lo que indica que aproximadamente el 78% de la variabilidad en la abundancia de hongos puede ser explicada por las variables mencionadas (Figura 11,12 y 13).

Cabe destacar que, en los modelos obtenidos, el conjunto de variables regresoras (materia orgánica, nitrógeno total y conductividad eléctrica) tiene un efecto significativo en la variable dependiente (abundancia de hongos) mientras que los coeficientes individualmente no son significativos, lo que indica que no hay suficiente evidencia para respaldar la afirmación de que cada variable independiente tiene un efecto significativo por sí sola sobre la variable dependiente, pero si el conjunto de variables elegidas.

Ecuaciones de regresión

- Manejo convencional

$$\hat{y} = -519,69 + 1303 * MO - 0,97 * Nt + 125,22 * CEes$$

- Manejo con enfoque agroecológico

$$\hat{y} = 2199,64 + 1303 * MO - 0,97 * Nt + 125,22 * CEes$$

Donde:

\hat{y} : Abundancia de hongos (UFC/g suelo)

MO : contenido de materia orgánica (g%g)

Nt : contenido de nitrógeno total (mg/kg)

$CEes$: valor de conductividad eléctrica (dS/m)

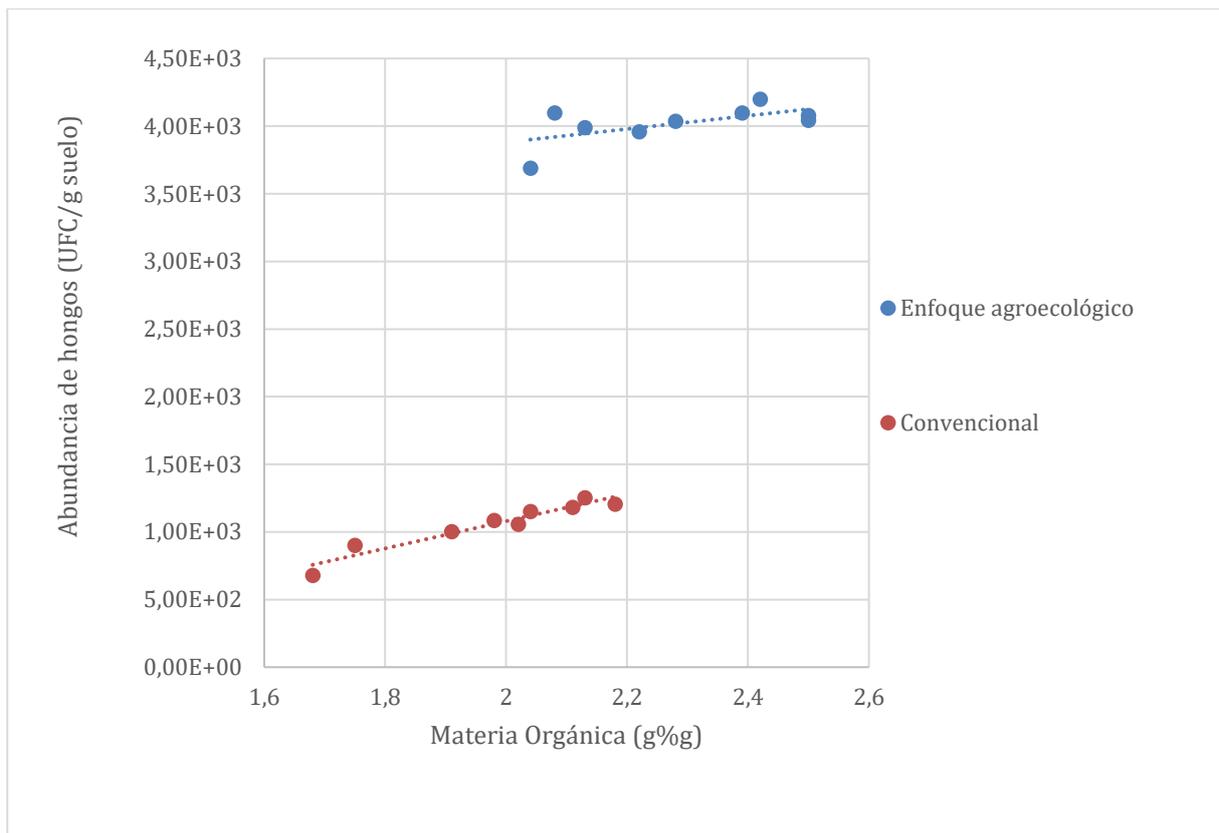


Figura 11: Regresión lineal. Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (Materia Orgánica) para ambos manejos.

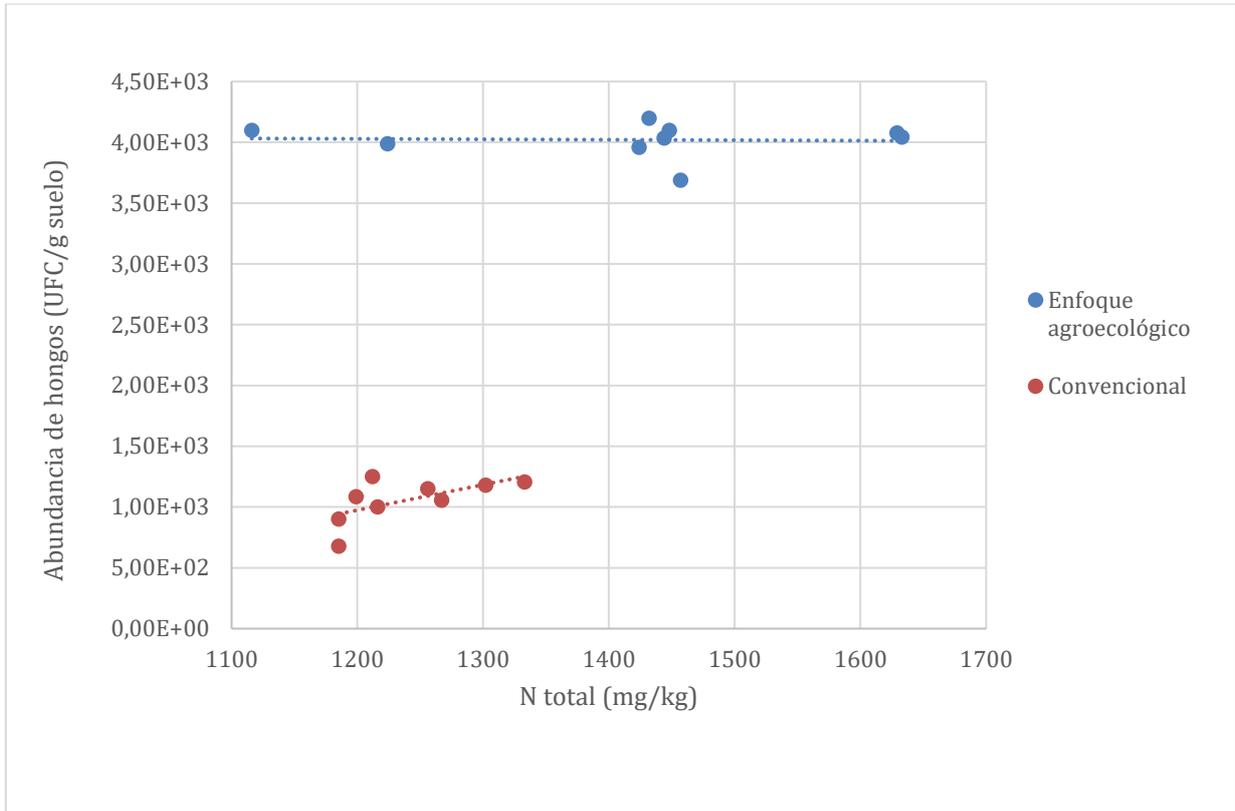


Figura 12: Regresión lineal. Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (N total) para ambos manejos.

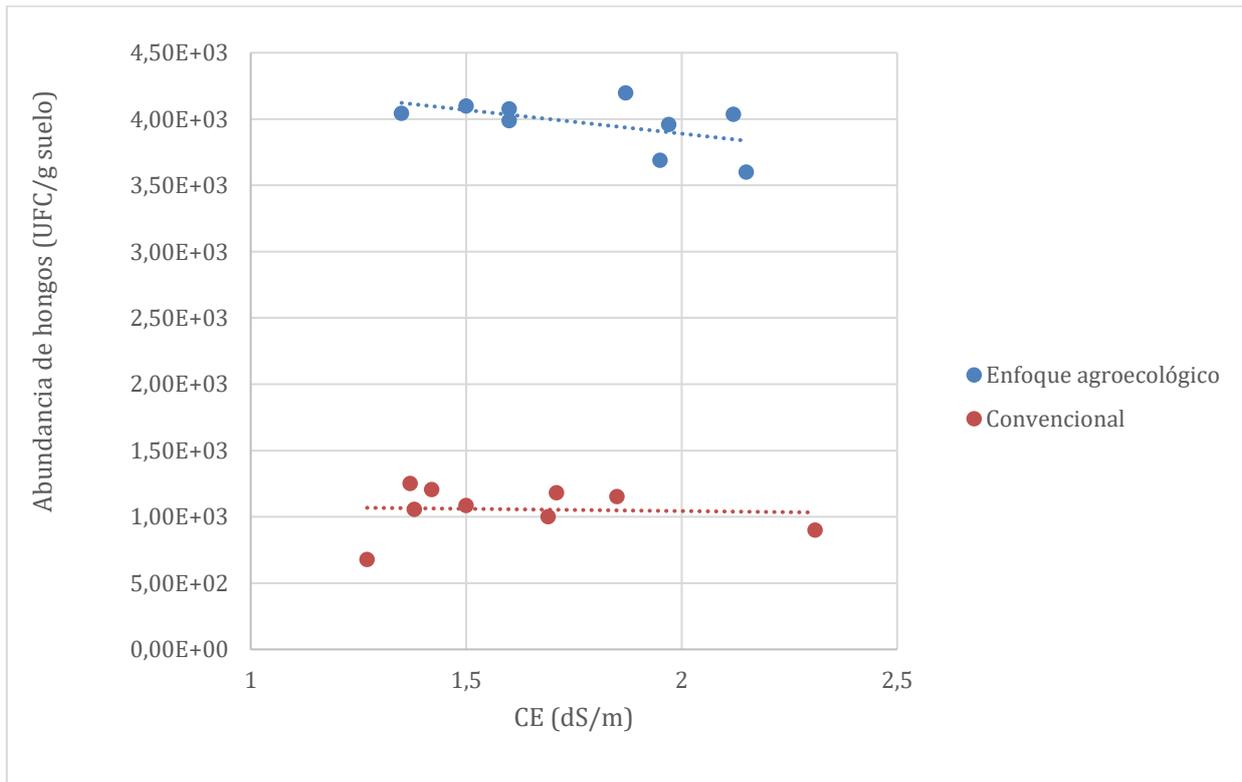


Figura 13: Se representa la abundancia de hongos en función de la variable regresora (CEes) para ambos manejos.

4. DISCUSIÓN

Se encontró una mayor abundancia de hongos en suelos con manejo agroecológico y esto podría deberse a que la presencia y abundancia de hongos en el suelo dependen del medio edáfico en el cual se están desarrollando y del tipo de metabolismo que posean. Entre los factores edáficos que afectan a la comunidad de hongos son: cantidad y calidad de materia orgánica, pH, aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, contenido de humedad, aireación, temperatura, profundidad en el perfil del suelo, estación del año y composición de la vegetación nativa o cultivada (Moreno et al., 2015).

Cuando se aplican prácticas con enfoque agroecológico, la mayor abundancia de hongos podría explicarse por las condiciones físicas y químicas que se generan en el suelo cuando existen coberturas vegetales y se agrega materia orgánica, ya que estas prácticas favorecen el hábitat de estos microorganismos al proveerles mayor humedad y fuente de energía. Resultados similares fueron encontrados en estudios regionales (Uliarte et al., 2019).

En relación con esto último, existe un consenso general en la literatura de que los hongos son capaces de degradar lignina y también dominan la descomposición de la celulosa y la hemicelulosa, que son componentes importantes de la materia orgánica (Strickland y Rousk, 2010). Mientras que las bacterias se las relaciona con descomposición y mineralización de los componentes orgánicos en nutrientes fácilmente disponibles (Alcaraz, 2016).

Del mismo modo en estudios de suelos agrícolas donde se ha evaluado el aporte de materia orgánica se ha determinado que esta tiene un efecto fundamental en el aumento de las actividades microbianas, en relación a suelos donde no se utiliza esta práctica, al proveer recursos energéticos indispensables para el desarrollo de los procesos biológicos edáficos (Chavarría, 2018). Por ende, el manejo del suelo con cultivos de cobertura y el agregado de biopreparados que, también puede considerarse como un inóculo de microorganismos, representa una estrategia beneficiosa orientada al incremento en la cantidad de hongos edáficos.

García-Orenes y colaboradores (2010) también reportaron incrementos en la abundancia de hongos en suelos de viñedos, cuando se incorporó en el cultivo restos de poda más estiércol y resto de poda más cultivo de cobertura de leguminosas, en contraposición a los fertilizados sintéticamente y sin cobertura vegetal. De esta manera, los manejos que favorecen el incremento de materia orgánica en el suelo, favorecerían el incremento de la biota fúngica.

No obstante, hay estudios que contradicen los resultados obtenidos en cuanto a la abundancia de hongos, como el de Murillo y colaboradores, 2014, que analizó un suelo con manejo convencional de forraje y otro con prácticas sostenibles proveniente de un manejo intensivo (aplicación de enmiendas orgánicas, incorporación de abono verde y coberturas vegetales).

Luego de tres años las poblaciones microbianas (bacterias, hongos y actinomicetos) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

En lo que respecta al análisis exploratorio de identificación de géneros de hongos, en los suelos de los diferentes manejos, se pudo observar que existe una influencia del manejo agrícola en la composición de la comunidad fúngica del suelo. Al encontrarse mayor abundancia de hongos en el manejo con enfoque agroecológico, se identificó menor proporción en este manejo que en el convencional.

En el manejo agroecológico se observó una mayor presencia de *Trichoderma*, los cuales son utilizados por sus efectos benéficos en cultivos, control biológico de enfermedades en plantas y asimismo son promotores de crecimiento vegetativo (Nina & Villacorta, 2021). En viñedos se ha utilizado como agente de control biológico para tratar las infecciones por hongos asociados a las enfermedades de la madera de la vid (Escoriaza et al., 2021, Longone et al., 2022, Sodupe & Villanueva, 2022).

De igual manera, en el manejo agroecológico, se encontró mayor presencia del género *Clonostachys*, el cual incluye especies como *Clonostachys rosea*. Esta especie en particular muestra un efecto antagónico sobre el hongo patógeno *Botrytis cinerea*, que afecta a los frutos de *Vitis vinifera* ya que presenta una alta actividad competitiva frente al fitopatógeno, al impedirle su crecimiento en el mismo substrato (Lacherre & Ruiz, 2013). Esta interacción beneficiosa permite controlar las enfermedades sin la necesidad de utilizar agroquímicos, lo que lo convierte en una práctica más sustentable.

Por otro lado, en el manejo convencional el segundo género más abundante fue *Talaromyces*, el cual es muy diverso en cuanto a sus especies y funciones. Algunas de estas especies pueden tener aplicaciones benéficas en diversos contextos, mientras que otras pueden ser perjudiciales o incluso patógenas para ciertas plantas. Vinculado al cultivo en estudio, investigaciones recientes han demostrado que la especie *Talaromyces rugulosus* puede tener un impacto negativo en la uva postcosecha, causando daños o descomposición en la fruta (Cebreros et al., 2022; Yang et al., 2017).

En los dos manejos, el mayor porcentaje de los géneros de hongos identificados fue *Fusarium*, dentro de este género hay especies benéficas y otras que afectan numerosas plantas entre gimnospermas y angiospermas, ya que puede formar diversas estructuras de resistencia que le permiten sobrevivir como saprófito de vida libre (Flores et al., 2015). *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* son dos de las especies más comunes y problemáticas que pueden causar enfermedades en las plantas de vid (Cruz Coronel, 2022). Asimismo, es necesario profundizar la identificación de estos hongos, con estudios moleculares, para conocer precisamente que especie es la predominante y cuál es su rol en el agroecosistema estudiado.

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta tesis no mostraron diferencias en cuanto a la cantidad de bacterias entre los suelos con diferentes manejos. Esto puede deberse a la respuesta temporal de la comunidad microbiana existente, ya que el suelo ha recibido un tratamiento con enfoque agroecológico por un periodo de tiempo menor a 3 años. Otro factor a considerar es que, según Correa (2016), existe una respuesta diferencial de la microbiota, al nutriente que se incorpora en el suelo, siendo la aplicación de nitrógeno beneficiosa para hongos del suelo, mientras que el fósforo aumenta la de bacterias lo que se relaciona con los resultados obtenidos en las propiedades físicas y químicas edáficas que evidencian mayor contenido de nitrógeno total en el manejo con enfoque agroecológico.

Agregando a lo anterior y como se ha mencionado, ocurre algo similar con los agroquímicos, dependiendo del producto que se aplique y las características del suelo es cómo afecta a los hongos y bacterias presentes en él, ya que algunos de ellos tienen capacidad para metabolizar un producto, mientras que el mismo producto puede ocasionar efectos negativos en otros microorganismos. Por ejemplo, un estudio realizado en un cultivo de granos determinó que la abundancia de bacterias no se vio afectada luego de la aplicación del herbicida glifosato, mientras que los hongos sí (Chaves-Bedoya et al., 2013). De esto puede deducirse que los hongos presentan más sensibilidad al herbicida que las bacterias, y es posible que estas no se vean disminuidas en el manejo convencional pese a la aplicación del mismo.

Otro resultado que se desprende luego del análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, fue que en el manejo con enfoque agroecológico aumentó el contenido de materia orgánica lo que puede explicarse por la aplicación de compost, el uso de coberturas vegetales y la adición de estas al suelo, y la labranza disminuida que evita la erosión del mismo. El conjunto de estas prácticas no solo añade contenido de materia orgánica, sino que la mantiene en el tiempo y esto se refleja en el aumento respecto al manejo convencional. Además, mediante el manejo de cultivos de cobertura y utilización de enmiendas biológicas se logra aumentar la biodiversidad, favorecer el equilibrio ecológico y mejorar la fertilidad del suelo, logrando con el tiempo niveles productivos próximos a los del manejo convencional (Uliarte et al., 2019).

Numerosas investigaciones señalan que las prácticas de manejo con la adición de materia orgánica y la labranza reducida tienen un efecto positivo comprobado sobre la materia orgánica del suelo en la capa superior de este. Además, estas mejoran la agregación del suelo, su estructura, la infiltración y las condiciones favorables para los cultivos (Cooper et al., 2016; Panettieri et al., 2015). Un estudio, analizó la aplicación de enmiendas orgánicas y prácticas sostenibles al suelo como labranza apropiada, incorporación de abono verde y establecimiento de cobertura vegetal con gramíneas y leguminosas asociadas, y determinó un aumento en la cantidad de materia orgánica de 0,97 a 1,40 % (Murillo et al., 2014).

De manera equivalente a los resultados alcanzados del contenido de materia orgánica, se encontró mayor cantidad de nitrógeno total en los suelos con manejo con enfoque agroecológico que en los suelos con manejo convencional. Esto puede ser atribuido a la incorporación de

coberturas vegetales y la aplicación de compost. Además, la presencia de leguminosas como *Trifolium repens* dentro de los cultivos de cobertura promueve la fijación simbiótica de este elemento, lo que contribuye a un mayor contenido de nitrógeno en el suelo. En un estudio reciente realizado en suelos de viñedos muy similares a los descritos en este trabajo, se encontró mayor contenido de nitrógeno en los suelos fertilizados con compost que en los suelos donde se aplicó urea (Pugliese et al., 2023). En otros ensayos locales, se encontró mayor contenido de nitrógeno total en suelos donde se aplicó abono orgánico que en el testigo en el cual no se le aplicó (Martínez et al., 2018).

El menor contenido del nitrógeno total en el manejo convencional podría explicarse a que con las aplicaciones con fertilizantes inorgánicos, no se absorbe el total por el cultivo, sino sólo se absorbe de forma efectiva entre un 10 y un 60% del producto aplicado. Esto se relaciona con una alta cantidad de lixiviación, ya que tanto el nitrato como el amonio y la urea son compuestos del nitrógeno que pueden moverse a través de los poros del suelo con el flujo del agua al ser altamente solubles (Galindo et al., 2020). Mientras que cuando se realizan manejos de suelo de tipo orgánico y agroecológico en donde se agrega nitrógeno orgánico, en forma de materia orgánica, se mantienen los niveles de fertilidad y se conserva el nitrógeno debido a que va siendo gradualmente mineralizado por la microbiota edáfica (Celaya-Michel & Castellanos-Villegas, 2011).

Otro resultado alcanzado fue el menor valor de conductividad eléctrica en el suelo con manejo con enfoque agroecológico. Esto, puede argumentarse debido a que la materia orgánica ayuda a reducir las sales contribuyendo en su drenaje (Quispe et al., 2021). En este sentido, la mejora de la estructura del suelo mediante las prácticas realizadas promueve la formación de agregados estables y porosos, lo que mejora el drenaje y reduce la retención de sales, disminuyendo así la conductividad eléctrica. Así también, la utilización de coberturas beneficia el aporte de materia orgánica la cual disminuye la salinidad de los suelos, como indican Sanabria y colaboradores (2021) quienes comprobaron que la conductividad eléctrica se reduce debido a la acción de coberturas en el suelo.

Del análisis realizado para determinar relaciones entre las propiedades del suelo y la abundancia de microorganismos, se reveló una relación significativa entre la abundancia de hongos y el contenido de materia orgánica en el suelo, señalando una clara asociación positiva entre ambos factores. Como anteriormente se ha mencionado, existe un efecto beneficioso en la aplicación de materia orgánica sobre los hongos del suelo, ya que estos microorganismos realizan sus funciones metabólicas con los compuestos provistos por la materia orgánica. Los resultados obtenidos coinciden con un estudio realizado en un viñedo en la provincia de San Juan, que verificó que existe una correlación positiva entre la materia orgánica del suelo y la abundancia de hongos cultivables (Medina, 2018).

Otro resultado del mismo análisis fue la relación lineal positiva significativa entre la abundancia de hongos y el nitrógeno total en el suelo. Esto puede ser el resultado de la capacidad de los

hongos para descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes, incluido el nitrógeno o también de manera inversa, en condiciones en las que hay disponibilidad adecuada de nitrógeno, es más probable que los hongos prosperen y se desarrollen ya que es un componente importante de las proteínas y otros compuestos necesarios para su metabolismo (Moreno et al., 2015). No obstante, al evaluar el nitrógeno total, que incluye tanto el nitrógeno orgánico como el inorgánico, por lo que no proporciona información sobre las formas químicas específicas de nitrógeno presentes en el suelo, como nitratos, amonio o aminoácidos. Realizar una investigación más específica sobre las formas químicas del nitrógeno en el suelo y su relación con los hongos sería una línea de estudio prometedora para obtener información más específica y entender las relaciones entre los microorganismos y los componentes del suelo.

La otra relación que se estableció fue la de la abundancia de hongos con la CEes, que a mayor CEes menor cantidad de hongos. Esto puede explicarse debido a que altos niveles de conductividad eléctrica pueden inhibir el crecimiento de ciertos hongos y afectar negativamente su función, especialmente si son sensibles a condiciones salinas. Sin embargo, existen investigaciones que utilizan microorganismos para reducir la conductividad eléctrica de los suelos, los resultados de Garcia-Cordova (2022) muestran que la remediación de suelos agrícolas con diferentes concentraciones de microorganismos baja la conductividad eléctrica de manera significativa.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio resaltan la relevancia de adoptar enfoques de manejo que fomenten la conservación de los agroecosistemas, con especial atención al recurso suelo, a través de prácticas agrícolas sustentables. En este sentido, los hallazgos revelaron que el manejo con enfoque agroecológico se asoció con condiciones mejoradas del suelo, lo cual subraya la importancia de implementar estrategias que promuevan la salud y la calidad de este recurso vital.

La abundancia de hongos fue mayor en los suelos con enfoque agroecológico que en los que recibieron un manejo convencional. En cambio, la abundancia de bacterias no tuvo diferencias significativas entre los manejos. El manejo con enfoque agroecológico incrementó la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno total y disminuyó la conductividad eléctrica. Finalmente, la abundancia de hongos se vio relacionada con la materia orgánica, el N total y la CEes a diferencia de la abundancia de bacterias que no se relacionó linealmente con ninguna propiedad del suelo analizada.

En cuanto a la identificación de los géneros de hongos, se evidencia una clara diferencia entre los distintos manejos. En el manejo con enfoque agroecológico, se identificaron en mayor proporción géneros de hongos beneficiosos, como *Trichoderma* y *Clonostachys*. Por otro lado, en el manejo convencional, estos géneros estuvieron en menor proporción, y se observó una mayor abundancia de géneros como *Fusarium* y *Talaromyces*.

Asimismo, los resultados obtenidos en este estudio se observaron tras un período relativamente corto de implementación del manejo con enfoque agroecológico (3 años). Esta circunstancia podría explicar la falta de diferencias significativas en algunas propiedades del suelo y la abundancia de bacterias. Es posible que se requiera más tiempo para que el sistema se estabilice y se produzcan cambios significativos en todos los parámetros y variables analizadas. Por lo tanto, sería recomendable realizar un seguimiento a largo plazo y volver a evaluar el sistema en el futuro para comprender mejor su evolución.

Esta tesis aporta conocimientos científicos desde la ingeniería en recursos naturales renovables. Sustentan la toma de futuras decisiones para rediseñar sistemas vitícolas desde una mirada integral y crítica. De forma de producir, al mismo tiempo de conservar el suelo, el agua, la biodiversidad, los ecosistemas y los servicios que estos nos brindan.

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio sienta precedente para futuras investigaciones de cómo re diseñar cultivos tradicionales de vid con un enfoque agroecológico. Esto permitiría explorar otros posibles factores y obtener resultados más concluyentes en cuanto a la abundancia de bacterias y la relación de éstas con las propiedades del suelo.

Además, otro campo para analizar los efectos de los distintos manejos puede ser el estudio de la diversidad de los microorganismos del suelo mediante grupos funcionales. Esto ayudaría a comprender los resultados obtenidos en la identificación de hongos en profundidad y las funciones ecológicas de los mismos, proporcionando información detallada sobre las funciones específicas que desempeñan en el suelo los distintos grupos de microorganismos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz, M. L. (2016). *Liberación/mineralización de nitrógeno y fósforo en hojarasca de Eucalyptus grandis y leguminosas herbáceas en distintos suelos: relación con la calidad física y química del residuo, y efecto sobre el crecimiento de plantas jóvenes de eucalipto*. [Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio Institucional de la UNLP.

Allegrini, M. (2017). *Análisis del impacto de glifosato sobre comunidades microbianas de suelos de la región pampeana mediante un enfoque fisiológico y molecular*. [Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Rosario]. Repositorio Hipermedial UNR.

Altieri, M. A. (2001). Agroecología: principios y estrategias para una agricultura sustentable en la América Latina del siglo XXI. In *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una*

agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. California: California Univ., Berkeley.

Andrade, F. H. (2016). Los desafíos de la agricultura. (1ra ed). International Plant Nutrition Institute. Recuperado de <http://fediap.com.ar/wp-content/uploads/2021/05/Los-desafios-de-la-Agricultura-Fernando-H.-Andrade.pdf>

Andrade, F. H., Taboada, M. A., Lema, R. D., Maceira, N. O., Echeverría, H. E., Posse Beaulieu, G & Mastrangelo, M. E. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Ediciones INTA.

Brignardello, María. 2017. “¿Cómo entender la organización de la producción en el agro actual? Vinculación agroindustrial y producción de calidad en la vitivinicultura mendocina en las primeras décadas del siglo XXI”. *Mundo Agrario* 18 (37): e042.

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.

Cavani, L., Manici, L. M., Caputo, F., Peruzzi, E., & Ciavatta, C. (2016). Ecological restoration of a copper polluted vineyard: Long-term impact of farmland abandonment on soil bio-chemical properties and microbial communities. *Journal of environmental management*, 182, 37-47.

Cebreros, J. M. H., Parra, J. M. R., & Rodríguez, J. M. P. (2022). Impacto económico de las pérdidas postcosecha en los sistemas agrícolas: El sistema de uva de mesa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(1), 2-17.

Celaya-Michel, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356.

Chavarría, D. N. (2018). Las comunidades microbianas del suelo ante la diversificación de un agroecosistema de la pampa húmeda. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Digital UNC. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/6320>

Chaves-Bedoya, G., Ortíz-Moreno, M. L., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta agrónomica*, 62(1), 66-72.

Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., Peigné, A. Berner, C. Brock, M. Casagrande, O. Crowley, C. David, A. De Vliegheer, T. F. Döring, A. Dupont, M. Entz, M. Grosse, T. Haase, C. Halde, V. Hammerl, H. Huiting, G. Leithold, M. Messmer, M. Schloter, W. Sukkel, M. G. A. van der Heijden, K. Willekens, R. Wittwer, and

- Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for sustainable development*, 36, 1-20.
- Correa, O. S. (2016). La fertilización y las comunidades microbianas indígenas de los suelos. *Sustentabilidad de agrosistemas y el uso de fertilizantes*, 1, 141-167.
- Cruz Coronel, A. (2022). Control biológico de *Fusarium solani* resistente a fungicidas con cepas de *Trichoderma* spp.: Una alternativa agroecológica para el cultivo de fresa en Puebla, México [Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional de Acceso Abierto de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (RAA-BUAP).
- Di Ciocco, C. A., Sandler, R. V., Falco, L. B., & Coviella, C. E. (2014). Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1), 0-0.
- Escoriza, G., Longone, V. y Pieroni, A. 2021. Evaluación in vitro de aislados de *Trichoderma* como potenciales agentes de biocontrol contra *Lasiodiplodia theobromae*. 5º Congreso Argentino de Fitopatología y 59a Reunión de la APS División Caribe (59th Meeting of the APS Caribbean Division), 22 y 23 de septiembre de 2021: 395.
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. M., & Roosevelt, F. D. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. México*. pp, 63-79.
- Flores, W., Chico, J., & Cerna, L. (2015). Actividad antagónica in vitro de *Clonostachys rosea* sobre *Fusarium oxysporum*, *Alternaria solani* y *Botrytis cinérea*. *REBIOL*, 35(1), 34-42.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) & ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils).(2015). *Status of the world's soil resources (SWSR)—Main report*.
- Frioni L. 2006. Anexo práctico. In: *Microbiología: básica, ambiental y agrícola*. Universidad de la República Uruguay. Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía. Uruguay. pp. 418
- Funes Pinter, I., Aroca, M., Pisi G., Martínez L., Combina M., Uliarte, E. (2021). Bioestimulantes vegetales derivados de residuos orgánicos: té de compost y biofertilizante enriquecido. III SIMPOSIO DE RESIDUOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES EN NOA Y CUYO. Santiago del Estéreo. 28 y 29 de octubre 2021.
- Galindo, L. A. G., Rivas, A. C., Melendez, J. P., & Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et technica*, 25(1), 172-183.

- García Cordova, S. A. (2022). Efecto de los microorganismos en la remediación de suelos agrícolas en Tumilaca–región de Moquegua. [Tesis de Maestría, Universidad Jose Carlos Mariategui]. Repositorio Institucional – UJCM.
- García-Orenes, F., Guerrero, C. Roldán, A. Mataix-Solera, J. Cerdá, A. Campoy, M. Zornoza, R. Barcenas, G. y Caravaca, F. (2010). Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil Till. Res.* 109 (2): 110-115.
- Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça, S; Brefin, ML; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Luxembourg, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 p.
- George T.W. and Breazeale, J.F. (1931). The Relation of Phosphate Availability, Soil Permeability, and Carbon Dioxide to the Fertility of Calcareous Soils. University of Arizona. Recuperado de <https://repository.arizona.edu/handle/10150/190641>
- Hernández-Vigoa, G., Cabrera-Dávila, G. D. L. C., Izquierdo-Brito, I., Socarrás-Rivero, A. A., Hernández-Martínez, L., & Sánchez-Rendón, J. A. (2018). Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. *Pastos y Forrajes*, 41(1), 3-12.
- Higa, T., & Parr, J. F. (2013). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 13(2), 128-135.
- IERAL (Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana). (2021). Informe anual 2021. Perspectivas 2022. Economía de Mendoza. http://www.economiademendoza.com/an/anuarios/an_21.pdf
- INV (Instituto Nacional de Vitivinicultura) (2022). Informe Especial Productos Orgánicos Vitivinícolas. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/12/productos_organicos_vitivinicolos_0.pdf
- IRAM-SAGPyA 29572 -1 (2011) Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado. Parte 1 - Escala semi-micro
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(1), 47-56.

- Knudsen D., Peterson G.A., Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In: Page AL (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd Ed. Madison: American Society of Agronomy. pp. 225-246
- Labrador, J. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. *SEAE-Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 1-47.
- Lacherre, M. R. R., & Ruíz, J. R. C. (2013). Efecto antagónico in vitro de *Clonostachys rosea* sobre *Botrytis cinerea* procedente de cultivos de *Vitis vinífera*. *Rebiol*, 33(2), 42-49.
- Landini, F., & Beramendi, M. (2020). ¿Agroecología o agricultura convencional moderna? Posicionamientos de extensionistas rurales argentinos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 46(3), 352-361.
- Larios-González, R. C., Salmerón-Miranda, F., & García-Centeno, L. (2014). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. *La Calera*, 14(23), 67-75. Recuperado de <https://camjol.info/index.php/CALERA/article/view/2660/2411>
- Longone, V., Pieroni, A., and G. Escoriza. 2022. Native isolates of *Trichoderma* spp. can protect pruning wounds against *Lasiodiplodia theobromae* in Argentinian vineyards, reducing the incidence of Hoja de Malvón disease. 12th International Workshop on Grapevine Trunk Diseases. Czech Republic from 10–14th July, 2022: 109.
- Mamani de Marchese, A., & Filippone, M. P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 38(1), 9-21.
- Martí, L., Filippini, M. F., Drovandi, A., Salcedo, C., Troilo, S., & Valdés, A. (2011). Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la Provincia de Mendoza: I. Concentraciones totales de Zn, Pb, Cd y Cu. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 203-221.
- Martínez-Aguilar, F. B., Guevara-Hernández, F., Aguilar-Jiménez, C. E., Rodríguez-Larramendi, L. A., & Reyes-Sosa, M. B. (2020). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 871-881.
- Martínez, L.E., Vallone R.C., Piccolini, P. N., Ratto, S. E. (2018). Assessment of soil properties, plant yield and composition, after different type and applications mode of organic amendment in a vineyard of Mendoza, Argentina. *REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO.: UNIV NACIONAL CUYO.* vol.50 n°. p17 - 32. issn 0370-4661.
- Martínez, L.E., Vallone R.C., Pino, M.M. (2018). Variación temporal de indicadores

microbiológicos y químicos de suelo árido regadío incubado con abonos orgánicos. RIA. Buenos Aires: RIA. vol. n°. p - . issn 0325-8718.

Medina, E. M. (2018). Efecto de diferentes manejos agronómicos sobre indicadores bioquímicos y microbiológicos de calidad de suelos de viñedos, San Juan, Argentina. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Juan]. Repositorio Institucional CONICET Digital. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/83839>

Moreno, M. V., Merlos, C., Silvestro, L., Forjan, H. J., & Manso, M. L. (2015). Hongos de suelo en sistemas agrícolas. *Agrobarrow*, vol 56. Repositorio Institucional de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo Rojas, L., & Bonilla, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270-278.

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61-72.

Nijensohn, L., M.O. Avellaneda, O. Pizarro y F.S Olmos. (1972). Empleo de soluciones bicarbonatadas sódicas en el diagnóstico del nivel de fósforo disponible en los suelos mendocinos de riego.. *Rev. Fac. Cs. Agr, UNCUYO* 18(2):120-126

Nijensohn, L., Pilasi, H. (1962). Correlación entre contenido de agua a pF 0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. In abstracts, 2nd Argentine and 1st Latin American Congr. Soil Sci., Mendoza, Argentina. Argentine Soc. Soil Sci., Mendoza.

Nina, G. S. C., & Villacorta, M. W. B. (2021). Importancia y beneficios del *Trichoderma* en la producción agrícola. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 5(2), 78-82.

Novara, A., Gristina, L., Guaitoli, F., Santoro, A., & Cerdà, A. (2013). Managing soil nitrate with cover crops and buffer strips in Sicilian vineyards. *Solid Earth*, 4(2), 255. Novara, A., La Mantia, T., Rühl, J., Badalucco, L., Kuzyakov, Y., Gristina, L., & Laudicina, V. A. (2014). Dynamics of soil organic carbon pools after agricultural abandonment. *Geoderma*, 235, 191-198.

Novara A, Lo Papa G, Dazzi C, Gristina L, Cerdà A. (2014). Soil aggregates, organic matter turnover and carbon balance in a Mediterranean eroded vineyard. *Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-10597*.

- Panettieri, M., Berns, A. E., Knicker, H., Murillo, J. M., & Madejón, E. (2015). Evaluation of seasonal variability of soil biogeochemical properties in aggregate-size fractionated soil under different tillages. *Soil and Tillage Research*, 151, 39-49.
- Peregrina, F., Pilar Pérez-Álvarez, E., & García-Escudero, E. (2014). Soil microbiological properties and its stratification ratios for soil quality assessment under different cover crop management systems in a semiarid vineyard. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(4), 548-559
- Pugliese, M.B , Pacheco D., Infante, S. & Monetta, P . (2023). Manejos Agroecológicos y sus impactos sobre la composición química de suelo, rendimiento y calidad de la cv. Malbec Vitis vinífera L. In *BIO Web of Confernces* (Vol. 56, p. 01015). EDP Sciences. https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2023/01/bioconf_oiv2022_01015.pdf
- Quispe, S. S., Mendoza Dávalos, K., Sangay-Tucto, S., & Cosme De La Cruz, R. C. (2021). Uso de coberturas vegetales en el manejo sostenible del suelo asociado al cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.). *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 329-336.
- Richards, L. (Ed). 1973. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa. 173 pp. México
- Salazar Martínez, A. E., & De Luca, L. (2015). Micro y Mesobiota en suelos con manejo agroecológico y convencional. In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata)*.
- Sanabria, S., Mendoza, K., Sangay, S., y Cosme, R. (2021). Uso de coberturas vegetales en el manejo sostenible del suelo asociado al cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays*L.). *Scientia Agropecuaria*, 329-336
- Sánchez Fernández, C. (2015). Efectos de los distintos manejos agrícolas, fertilización tradicional y agricultura ecológica, en las distintas propiedades del suelo. [Tesis de grado, Universidad Miguel Hernandez]. Repositorio RediUMH
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). Agroecología. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP) (pp 42-79).
- Silva, E. M. D., Vieira, E. T. V., Tashima, L. D. C. N., & Guilherme, D. D. O. (2017). A sustainability rereading of agrarian production systems. *Interações (Campo Grande)*, 18, 43-54.
- Silva, J. L. D. A., Duarte, S. N., Silva, D. D. D., & Miranda, N. D. O. (2019). Reclamation of salinized soils due to excess of fertilizers: evaluation of leaching systems and equations. *Dyna*, 86(210), 115-124.

- Sodupe, M. A., & Villanueva, C. L. (2022). Planta con Trichoderma para reducir hongos patógenos asociados a enfermedades de la madera en proceso de producción de vid. *Enovicultura*, (74), 3.
- Soria, M. A. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? *Química Viva*, 15(2), 3-10.
- Sterren, M. A., Benintende, S. M., Uhrich, W., & Barbagelata, P. (2019). Efecto de la aplicación de glifosato sobre los microorganismos del suelo en distintas prácticas de manejo. *Ciencia del suelo*, 37(1), 66-76.
- Strickland, M. S., & Rousk, J. (2010). Considering fungal: bacterial dominance in soils—methods, controls, and ecosystem implications. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9), 1385-1395.
- Uliarte, E. M., Ferrari, F. N., Martínez, L. E., Dagatti, C. V., Ambrogetti, A. O., & Montoya, M. A. (2019). Estrategias de manejo para la transición hacia viñedos sostenibles en Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(2), 105-124.
- Uliarte, E.M., Ferrari, F.N., Martínez, L.E., Dagatti, C.V., Ambrogetti A.O., Montoya, M.A., Ulle, J., Diaz, B.M. (2019). Viticultura sustentable en los valles irrigados de Mendoza: evaluación de prácticas agroecológicas para incrementar la resiliencia de agro-ecosistemas frágiles. *EL SUELO COMO REACTOR DE LOS PROCESOS DE REGULACIÓN FUNCIONAL DE LOS AGROECOSISTEMAS.*: INTA Ediciones. p213 - 236. isbn 978-987-521-948-9
- Varón, M. L., & Delgado, J. M. (2021). Nota técnica Microorganismos nativos como estrategia para mejorar la salud del suelo en sistemas agroforestales. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(11).
- Yang, Q., Wang, H., Zhang, H., Zhang, X., Apaliya, M. T., Zheng, X., & Mahunu, G. K. (2017). Effect of *Yarrowia lipolytica* on postharvest decay of grapes caused by *Talaromyces rugulosus* and the protein expression profile of *T. rugulosus*. *Postharvest Biology and Technology*, 126, 15-22.
- Walkley, A.J. and Black, I.A. (1934) Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.