

Micorrizas arbusculares en *Lycopersicum esculentum* (Tomate Santa Clara): el bioensayo como una estrategia para la elaboración de un material didáctica que reconozca el uso de los biofertilizantes.

Natalia Fernanda Herrera Méndez

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Biología
Bogotá D.C.
2022**

Micorrizas arbusculares en *Lycopersicon esculentum* (Tomate Santa Clara): el bioensayo como una estrategia para la elaboración de un material didáctico.

Presentado por:

Natalia Fernanda Herrera Méndez

Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciada en Biología

Director

Hugo Mauricio Jiménez Melo

Microbiólogo. M. Sc.

Universidad de los Andes

Línea de Investigación: Biotecnología, Biodiversidad y Conservación

BBC

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Bogotá D.C.

2022

Dedicatoria

En primer lugar, a mí, que desde mis esfuerzos pude saltar barrera tras barrera sin perder la ilusión de cumplir un sueño que se veía tan lejano, pero por el cual día a día salía de mi casa rumbo a un destino que se convirtió en mi hogar, en el lugar donde aprendí a querer de otra forma, a mejorar como persona y sobre todo a superar nuevos retos en esto que se llama crecer y que ahora ha llegado a su fin.

En segundo lugar, a mi hermana quien siempre me apoyo desde el primer momento que decidí recoger el camino de vida, quien siempre me sacaba de apuros y cuidó sin que fuera su obligación.

En tercer lugar, a mi compañero de vida que desde su corazón me impulso para continuar con mi sueño cuando las cosas no se vean bien, él que en los dos últimos años de mi carrera me protegió y cuidó para que el día en el que me convirtiera en licenciada legara pronto.

Y por último, dedico este esfuerzos a todos los amigos, los parceros, los compañeros que lucharon y están luchando por alcanzar este mismo sueño.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Pedagógica Nacional y al Departamento de Biología que trabajan arduamente para formar maestros para el mundo. Y que desde sus carencia a un lucha por defender la enseñanza pública.

Al maestro Hugo Mauricio, director de este trabajo, quien durante un año compartió su dedicación por la biología, su paciencia y amabilidad para que semana a semana este trabajo saliera adelante poco a poco y quien comprendió y nunca gusgos las ideas que forjaros este trabajo.

*A mi compañero de vida, porque sin sus esfuerzos en nuestro hogar todo hubiera sido más difícil, porque con su consideración y compañía me permitía sentirme segura y feliz.
Agradezco tu sincero apoyo desde el desinterés y el genuino amor.*

A mi familia que desde sus esfuerzos intentaba apoyarme y aprender conmigo.

A mi aquelarre quien siempre me aconsejaron, cuidaron, acompañaron, comprendieron, juzgaron y regañaron. Quien día a día con sus historias y sonrisas permitían que aprendiera y comprendiera que todas somos importantes, únicas, incorporables y maravillosas.

A mis incondicionales y amores mascotas que siempre me transmiten paz y descanso después de un largo día de esfuerzos.

Y finalmente, a todos los compañeros y maestros con los que alguna vez tuve la oportunidad de aprender, reír y disfrutar esta etapa de mi vida.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Justificación	4
3.	Marco teórico	7
	3.1 Microbiología agrícola	7
	3.2 Biofertilizantes.....	8
	3.3 Generalidades de los Hongos	10
	3.4 Phylum <i>Glomeromycota</i>	11
	3.5 Micorrizas arbúsculares.....	13
	3.5.1 Género <i>Glomus</i> sp.	14
	3.5.2 Género <i>Gigaspora</i> sp.....	15
	3.5.3 Género <i>Scutellospora</i> sp.....	15
	3.5.4 Género <i>Acaulospora</i> sp y <i>Entrophospora</i> sp.....	16
	3.6 Material didáctico	16
	3.6.1 Cartilla como material educativo.....	17
	3.6.2 Diseño de una cartilla	18
4.	Antecedentes	20
	4.1 Nivel internacional	20
	4.2 Nivel nacional.....	24
	4.3 Nivel local.....	28
5.	Planteamiento del Problema.....	32
6.	Objetivos	33
	6.1 Objetivo general	33
	6.2 Objetivos específicos	34

7. Metodología	34
7.1 Metodología Biológica	35
7.1.1 Biofertilizante de origen micorrícico	36
7.1.2 Fertilizante químico FORZA Triple 15+MgO	36
7.1.3 <i>Lycopersicum esculentum</i>	37
7.1.3 Bioensayo: incidencia de los fertilizantes químicos y biológicos en <i>Lycopersicum esculentum</i>	38
7.2 Comparativo experimental	39
7.3 Prácticas de laboratorio	39
7.3.1 Observación de esporas de <i>Glomus</i> sp, <i>Acaulospora</i> sp, <i>Entrophospora</i> sp y <i>Sutellospora</i> sp.	39
7.3.2 Colonización en raíz de <i>Lycopersicum esculentum</i>	40
7.4 Metodología pedagógica	40
7.4.1 Diseño y elaboración de la cartilla	41
7.4.3 Validación	42
8. Resultados y análisis	43
8.1 Bioensayo de fertilizante químico y biológico en <i>Lycopersicum esculentum</i>	43
8.1.1 Fertilizante químicos	46
8.1.2 Biofertilizantes	46
8.2 Comparación experimental	48
8.2.1 Crecimiento vertical	48
8.2.2 Desarrollo de racimos de flores	52
8.2.3 Peso fresco aéreo en <i>Lycopersicum esculentum</i>	60
8.2.4 Área de absorción de las raíces de <i>Lycopersicum esculentum</i>	63
8.3 Prácticas de laboratorio	69

8.3.1 Observación de esporas	69
8.3.2 Colonización en raíz de <i>Lycopersicum esculentum</i>	71
8.4 Metodología pedagógica.....	76
8.4.1 Diseño de la cartilla: <i>Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz.</i>	77
8.4.2 Validación.....	81
8.4.3 Comparativo de resultados entre maestros y estudiantes	112
9. Conclusiones.....	114
10. Recomendaciones.....	115
Referencias.....	117

Índice de figuras

Figura 1. Recopilación de publicaciones científicas sobre biofertilizantes en Colombia.	9
Figura 2 Clasificación de Glomeromycota	12
Figura 3 Representación de arbusculos y vesículas.....	13
Figura 4. Red Harting de micorrizas.....	14
Figura 5. Espora de <i>Glomus</i> sp.	14
Figura 6. Espora de <i>Gigaspora</i> sp	15
Figura 7. Espora de <i>Scutellospora</i> sp.....	15
Figura 8. Espora de <i>Acaulospora</i> sp.	16
Figura 9. Sustrato micorriza do SAFER.	36
Figura 10. Fertilizante químico Triple 15.....	36
Figura 11. Variedad de semillas utilizadas para el bioensayo.	37
Figura 12. Kit jardines de cuidado foliar.....	37
Figura 13. Pasos para la extracción de esporas.....	39
Figura 14. Pasos para el blanqueo y tinción de raicillas.....	40
Figura 15. Plantas seleccionadas para el bioensayo.....	45
Figura 16. Peso del fertilizante químico granulado FORZA	46
Figura 17. Aplicación del fertilizante químico granulado FORZA en 7 g y 3,5 g respectivamente.....	46
Figura 18. Peso del fertilizante biológico SAFER.....	47
Figura 19. Resultados de la sistematización	48
Figura 20. Comparativo de crecimiento vertical.....	49
Figura 21. Comparativo entre planta control y planta con el tratamiento de M1g.	51

Figura 22. Comparativo del desarrollo de racimos de flores entre las plantas con diferentes tratamientos n=3.....	53
Figura 23. Planta con tratamiento de Fertilizante Químico	54
Figura 24. Desarrollo del racimo de flores y frutos	56
Figura 25. Efectos de la fertilización e inoculación de micorrizas	57
Figura 26. Ejemplos del desarrollo de capullos	58
Figura 27. Porcentaje de fructificación por tratamiento n=3.	59
Figura 28. Algunos ejemplos de desarrollo de frutos	60
Figura 29. Peso fresco promedio de la parte área	61
Figura 30. Peso fresco de algunas plantas por tratamiento.....	62
Figura 31. Desarrollo radicular en Plantas Control.	64
Figura 32. Desarrollo radicular (D.R).....	64
Figura 33. Desarrollo radicular en plantas.....	65
Figura 34. Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de fertilizante biológico.....	65
Figura 35 Desarrollo radicular (D.R) en plantas control	67
Figura 36 Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de fertilizante químico.....	67
Figura 37. Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de fertilizante biológico.....	68
Figura 38. Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de fertilizante biológico.....	68
Figura 39. Proceso de laboratorio para la observación de esporas	70
Figura 40. Espora de micorriza observada a estereoscopio.	71
Figura 41. Espora de micorriza observada a estereoscopio.	71
Figura 42. Laboratorio de aclarado y tinción de raíces.....	73
Figura 43. Muestra de raíz de planta con tratamiento de fertilizante químico	73
Figura 44. Muestra de raíz de planta control # 2	74

Figura 45. Muestra de raíz de planta control # 3,	74
Figura 46. Muestra de raíz de planta control # 1	75
Figura 47. Muestra de raíz de planta tratamiento Micorrizas 0,5 g #1	75
Figura 48. Muestra de raíz de planta tratamiento Micorrizas 0,5 g #3	75
Figura 49. Muestra de raíz de planta tratamiento micorrizas 0,5 g #2.....	76
Figura 50. Muestra de raíz de planta tratamiento micorrizas 1 g.....	76
Figura 51. Portada de cartilla.....	77
Figura 52. Página de la cartilla para el reconocimiento de <i>Lycopersicum esculentum</i> . E	78
Figura 53. Página de la cartilla que trata de visibilizar las micorrizas a partir de sus esporas.E	78
Figura 54. Imágenes informativas utilizadas en la cartilla	79
Figura 55. Utilización de los resultados biológicos para dar cuenta del uso de micorrizas como biofertilizante.	80
Figura 56. Algunas actividades propuestas en la cartilla.....	81
Figura 57. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relacion a la primera afirmación.	82
Figura 58. Justificación de algunos estudiantes frente a la primera afirmación.	83
Figura 59. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la segunda afirmación.	84
Figura 60. Justificación de algunos estudiantes frente a la segunda afirmación.	85
Figura 61. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la tercera afirmación.	86
Figura 62. Justificación de algunos estudiantes frente a la tercera afirmación.....	86
Figura 63. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la cuarta afirmación.	87

Figura 64. Justificación de algunos estudiantes frente a la cuarta afirmación.	87
Figura 65. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la quinta afirmación.	88
Figura 66. Justificación de algunos estudiantes frente a la quinta afirmación.....	88
Figura 67. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la sexta afirmación.	89
Figura 68. Justificación de algunos estudiantes frente a la sexta afirmación	90
Figura 69. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la séptima afirmación.	90
Figura 70. Justificación de algunos estudiantes frente a la séptima afirmación.	91
Figura 71. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la octava afirmación.	92
Figura 72. Justificación de algunos estudiantes frente a la octava afirmación.	92
Figura 73. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la novena afirmación.	93
Figura 74. Justificación de algunos estudiantes frente a la novena afirmación.	94
Figura 75. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la décima afirmación.	94
Figura 76. Justificación de algunos estudiantes frente a la décima afirmación.	95
Figura 77. Justificación de algunos estudiantes frente a la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla	96
Figura 78. Algunas observaciones y aspectos a mejorar por parte de estudiantes frente a la cartilla	97
Figura 79. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la primera afirmación.	98
Figura 80. Justificación de algunos maestros frente a la primera afirmación.....	98

Figura 81. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la segunda afirmación.	99
Figura 82. Justificación de algunos maestros frente a la segunda afirmación.	100
Figura 83. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la tercera afirmación.	100
Figura 84. Justificación de algunos maestros frente a la tercera afirmación.	101
Figura 85. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la cuarta afirmación.	102
Figura 86. Justificación de algunos maestros frente a la cuarta afirmación.	102
Figura 87. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la quinta afirmación.	103
Figura 88. Justificación de algunos maestros frente a la quinta afirmación.	104
Figura 89. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la sexta afirmación.	104
Figura 90. Justificación de algunos maestros frente a la sexta afirmación.	105
Figura 91. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la séptima afirmación.	106
Figura 92. Justificación de algunos maestros frente a la séptima afirmación.	106
Figura 93. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la octava a afirmación.	107
Figura 94. Justificación de algunos maestros frente a la octava afirmación.	107
Figura 95. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion a la novena a afirmación.	108
Figura 96. Justificación de algunos maestros frente a la novena afirmación.	109
Figura 97. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion a la décima a afirmación.	109

Figura 98. Justificación de algunos maestros frente a la décima afirmación.....	110
Figura 99. Porcentaje a apreciación de los maestros en relación con la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla.....	111
Figura 100. Justificación de algunos maestros frente a la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla	111
Figura 101. Algunas observaciones y aspectos a mejorar por parte de los maestros frente a la cartilla.....	112

Índice de tablas

Tabla 1. Organización y sistematización de datos cuantitativos y cualitativos	38
Tabla 2. Datos promedio del crecimiento vertical en centímetros por tratamiento n=3.	49
Tabla 3 Datos promedio del desarrollo de racimos de flores por tratamiento n=3.	53

1. Introducción

Tras los avances en los estudios biológicos, la humanidad ha investigado la naturaleza y se ha encontrado con una delgada línea de relaciones entre diferentes organismos los cuales han evolucionado a la par, para crear interacciones que resultan beneficiosas. Dichas relaciones han trascendido al campo biotecnológico, gozando así, hoy por hoy de su eficiencia en el área de la microbiología agrícola, enfocada en el reconocimiento de los organismos asociados a los procesos de biofertilización, entre otros. No es un secreto que dentro del campo de la alimentación las plantas son consideradas fundamentales, es por ello que en la actualidad hay una necesidad de aplicar fertilizantes que permitan obtener una producción óptima.

Si bien, la humanidad ha confiado dicha tarea a los fertilizantes químicos, es hora de darle paso a los fertilizantes biológicos o biofertilizantes, los cuales tienen un origen ya sea animal, vegetal o microbiano. Por ende, son reconocidos en la actualidad por su importancia en la conservación de la textura natural de los suelos, sin perder el objetivo de optimizar su aprovechamiento, aportando de igual manera a la disminución de contaminantes, reduciendo la dependencia de fuentes de petróleo y contribuyendo a la conservación de la microbiota del suelo.

Como se mencionó anteriormente, los biofertilizantes pueden ser de origen microbiano en donde cierto tipo de bacterias y hongos toman importancia. En primer lugar, las bacterias participan en procesos ecológicos que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, son considerados los principales descomponedores de la materia orgánica y del reciclaje de los nutrientes como carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros, y en algunos casos cumplen la función de fijadores de nutrientes para ser aprovechados por las plantas. En este último proceso podemos encontrar bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno, para el desarrollo de follaje y para los procesos fotosintéticos, como *Rhizobium* sp. y *Frankia* sp., y bacterias de vida libre como *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Burkholderia* sp., *Thiobacillus* sp., incluidas las cianobacterias *Anabaena* sp. y *Nostoc* sp. (Montaño, Sandoval, Camargo y Sánchez, 2010).

Por otro lado, los hongos representan uno de los reinos más biodiversos, dada la gran variedad que presentan se pueden abarcar desde setas hasta levaduras, microhongos, entre otros; su importancia se comprende desde diferentes áreas, tanto para el ser humano como para el medio ambiente en general. Durante milenios, los hongos han sido valorados

por la humanidad como un recurso comestible y médico, su consumo es sumamente popular en la gastronomía de ciertas regiones, quizá las setas como los champiñones, son los hongos más consumidos y conocidos (López, 2019).

Otra función que se le atribuye a los hongos está relacionada con su potencial en la biofertilización. Estudiando específicamente las micorrizas y su efecto sobre las plantas de interés agrícola. Como lo expresa Gómez, Olarde, *et.al* (2008), las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre ciertos tipos de hongos del suelo y raíces de una planta. Entre estas asociaciones destacan por su ubicación las endomicorrizas o micorrizas arbusculares, siendo estas las más comunes, las cuales colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de interacción de nutrientes entre célula vegetal y el hongo. En las simbiosis de este tipo, los hongos se benefician con los macronutrientes sintetizados por la planta y a su vez estos absorben minerales del suelo para la raíz. Cuando se establece la interacción, los hongos modifican la morfología de la raíz, desarrollando nuevas estructuras que le aportan al suelo una asimilación amplia de los nutrientes disponibles, convirtiéndose así en un potencial biofertilizante.

En materia de diversidad los hongos se estiman en 1.5 millones de especies, es uno de los grupos con una alta tasa de variabilidad, por lo cual su constante estudio amplia su clasificación taxonómica, los cuales son avalados por las actuales aplicaciones en el reconocimiento Filogenético y la Sistemática Molecular (Jiménez, 2018). Dentro de dicha diversidad, los hongos formadores de micorrizas conforman tres grupos fundamentales, que se clasifican de acuerdo a las estructuras que facilitan el proceso de simbiosis: Ectomicorrizas o formadoras de manto; Ectendomicorrizas, con características intermedias al conformar manto y colonización intracelular, que incluye *Arbutoides* sp. y *Monotropoides* sp. y las Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo, subdivido en *Ericoides*, *Orquidoides* y *Arbusculares* (Jimenez y Nuñez, 2013). De entre estos grupos las endomicorrizas arbusculares son las de mayor diversificación en

los ecosistemas, al encontrarse en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Romero, 2015).

En el grupo de las Endomicorrizas se genera la simbiosis más ampliamente conocida sobre los organismos, estos hongos forman parte del phylum *Glomeromycota*, con géneros como *Glomus* sp., *Gigaspora* sp. y *Acaulospora* sp.; phylum *Ascomycota* del género *Peziza* sp. y *Tuber* sp. y el phylum *Basidiomycota* que incluye las Ectomicorrizas con los géneros de *Amanita* sp. y *Cantharellus* sp., entre otras. En el caso de las plantas hospederas, la asociación puede presentarse en las gimnospermas (plantas que no forman flores como los pinos), angiospermas (plantas que forman flores), briofitas (musgos), equisetos y los helechos, tanto en el gametofito como en el esporofito (Camargo, Montaña, De la Rosa y Montaña, 2012).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente Trabajo de Grado evidencia el proceso de inoculación de micorrizas arbúsculares de los géneros *Glomus* sp, *Scutellospora* sp, *Acaulospora* sp, y *Entrophospora* sp. en *Lycopersicum esculentum* o Tomate Santa Clara desde el área de estudio de la biotecnología y su aplicación en el campo de los fertilizantes biológicos (biofertilizantes). El cual busca consolidar la elaboración de material didáctico que integre los saberes biotecnológicos, la importancia de los microhongos, la labor del maestro en la construcción de saberes y afianzar procesos de apropiación del conocimiento por parte de la comunidad en general que permitan de la práctica educativa una relación dentro de las ciencias naturales donde se configuran otro tipo de relaciones con el conocimiento debido al discurso de la interdisciplinariedad e integración con otras ciencias. Esto favorece la construcción de los conocimientos y la recuperación de saberes anteriores que se resignifican y provocan una retroalimentación positiva (Foresto y Belén, 2020).

Por ello, la consolidación de la estrategia didáctica implementada en este Trabajo de Grado se centra en la importancia de elaborar material educativo que permita por medio de texto, imágenes y símbolos gráficos idear un plan, un boceto, o esquema que dé cuenta de una proyección de saberes y acciones, de tal modo que dicha proyección oriente al desarrollo del aprendizaje, no solo de conocimientos sino de habilidades. Dentro de la gran variedad de material educativo, la Cartilla es un elemento que busca un aprendizaje, permitiendo la planeación e implementación de acciones y estrategias de una manera práctica, innovadora y motivadora, vistos como las herramientas que faciliten y apoyen el proceso de enseñanza con el propósito de hacer más cercano el conocimiento a los estudiantes (Baeza, Cuenca, Pazos y Roa, 2018) sobre las micorrizas arbúsculares.

2. Justificación

En el marco de formación de licenciados en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional son amplios los ejes de construcción del discurso didáctico, pedagógico y disciplinar, en cuales se permite configurar habilidades propias de los individuos en formación, lo cual dota de características y peculiaridades a la hora de enseñar biología. Por ende, cada uno de los sujetos inmersos en este área del conocimiento presentan afinidades con las diferentes ramas de enseñanza de la Biología, que resultan en una gran variedad de corrientes que convergen en evidenciar la importancia de introducir la enseñanza en diferentes áreas de la vida, las cuales permean a sujetos que están en constantes procesos de aprendizajes y que buscan una orientación en los procesos educativos; por tanto este trabajo surge de la necesidad de aportar un conglomerado de saberes, que gracias a su diversificación llegan a un público en general que está en la búsqueda de consolidar aprendizajes de manera confiable.

Siguiendo con la anterior línea argumentativa, es pertinente que dichos sujetos en constante procesos de aprendizajes se acerquen a la heterogeneidad de esfuerzos que desempeñan los maestros para consolidar un material didáctico verídico que acerque a las comunidades, tanto de las instituciones educativas y por fuera de las mismas que se encuentren interesados por conocer

los procesos biológicos y su relación con las problemáticas de la vida cotidiana, y cómo estas brindan una posible solución, como sería la aplicación de micorrizas arbúsculares en usos de biofertilización.

Una de las problemáticas y en la cual se centra este Trabajo de Grado es la creciente demanda de la implementación de prácticas amigables con el ambiente, la cual juegan un papel en el reconocimiento y la importancia de contribuir al mejoramiento de la relación persona-naturaleza. Ahora bien, en vista de dicha relación una de las prácticas más amplias en la que se tienen efectos adversos sobre la naturaleza es la creciente demanda de alimentos, por tanto, ha generado el uso de fertilizantes de carácter químico a gran escala, para así aumentar la producción, generando una contaminación ambiental. Por lo cual la llegada de los biofertilizantes es una medida que subsana dicha problemática.

En materia de alternativa a los fertilizantes químicos, los biofertilizantes, por su carácter biotecnológico, promueve el uso de microorganismos como parte de la solución, ya que esta reconoce las interacciones preexistentes en la naturaleza, las expone y las sitúa al alcance de la comunidad en general. Si bien el uso de biofertilizantes puede estar enmarcado en el área de la agricultura, no significa que esté alejado del área de la educación, como se ha dicho, su relación con la biotecnología permite que se estudien los procesos biológicos emergentes de la interacción entre los microorganismo presentes en el biofertilizante y la especie vegetal, lo cual promueve prácticas de reconocimiento de la importancia del equilibrio en la naturaleza y visibiliza las características biológicas de los organismos relacionados.

Si bien, dentro de los biofertilizantes se encuentran gran variedad de microorganismos de interés, los hongos de tipo micorrizas han llamado la atención en varios estudios, tras el reconocimiento del proceso de interacción entre las especies de plantas y la proliferación del micelio y los arbúsculos. Al estudiar las micorrizas, se ha identificado cómo se genera una interacción de tipo simbiótico, que se encuentra ampliamente distribuida entre el suelo de los ecosistemas. En ese sentido, existen estudios los cuales reportan que las micorrizas originan una extensa red de micelio distribuido ampliamente por el suelo, en el crecimiento del micelio emergen interconexiones con las raíces de plantas que se expande ampliamente, demostrado que las plantas interconectadas por la red micorrícica pueden transferir carbono entre ellas de tal manera, que

aquellas plantas que aparentan no tener relación cercana, están comunicadas con otras plantas por medio de las redes de micelio que están en el suelo (Camargo, Montaña, De la Rosa y Montaña, 2012), aumentando así, el área de absorción de nutrientes como fosfatos, potasio, nitrógeno, sales de amonio, entre otros y agua.

Así mismo, se reconoce que las especies vegetales que forman micorrizas presentan una fisiología y una ecología diferentes de aquéllas que no forman esta asociación, considerando así a esta interacción de micorrizas como uno de los factores promotores de la diversidad vegetal, ya que al aumentar la adecuación de las plantas a los factores ambientales facilitando su establecimiento, lo cual, tiene un impacto positivo en la diversidad de plantas, tanto a una escala poblacional como de las comunidades vegetales (Camargo, Montaña, De la Rosa y Montaña, 2012). Además, se reconoce que las hifas de las micorrizas constituyen una parte importante de la biomasa del suelo y se consideran importante en el sumidero de carbono, ya que los hongos micorrizógenos asociados a las especies vegetales reciben entre el 57% y 90% del carbono de los árboles, y llegan a representar hasta el 50% de la biomasa microbiana total del suelo (Camargo, Montaña, De la Rosa y Montaña, 2012).

En consideración con lo anterior, y desde el ámbito educativo, es necesario intervenir en los procesos de aprendizaje activamente, por medio de una cartilla. Este tipo de material didáctico es visto como un recurso que facilita y apoya el proceso de aprendizaje, cumpliendo con el propósito de hacer más cercano el conocimiento, al ser un recurso que se apoya en la estimulación de sentidos como lo visual, al establecer un diseño motivador; se convierte así en un instrumento que dinamiza el aprendizaje (Simonit, 2009). Además, procura organizar la información de manera concisa y objetiva dando espacios para la reflexión y diálogo con otros saberes, al plasmar actividades que se desarrollen de la mano con la información expuesta y rescata las experiencias de aprendizaje (Baeza, Cuenca, Pazos y Roa, 2018).

Si bien, la enseñanza de los saberes biológicos es considerada aprehensibles en las Instituciones de educación, debemos reconocer que los sujetos están en constantes procesos de aprendizaje y es deber establecer prácticas que constantemente fortalezcan los procesos cognitivos. Poner a disposición material didáctico que informe y proponga prácticas de retroalimentación y análisis, permite que dichos procesos se lleven a cabo, por ende, el material didáctico planteado

en este Trabajo de Grado tiene como objetivo la difusión de los contenidos propios de los procesos de las micorrizas arbúsculares como uso alternativo a los fertilizantes químicos y los procesos de prácticos que ello implica, enfocados a la comunidad en general, la cual, permita una difusión amplia. Entendiendo “comunidad en general” como aquellas personas ajenas a cualquier institución académica, que estén interesadas en aplicar el conocimiento biológico a proyectos agrícolas a pequeña o mediana escala en zonas urbanas, periurbanas o rurales, que busquen realizar prácticas amigables con el medio ambiente reconociendo el impacto del humano sobre la naturaleza, buscando una capacitación constante sobre las tendencias biotecnológicas que les permita optimizar una producción.

También se considera como población a los estudiantes de Licenciatura en Biología- UPN asociados a espacios académicos de reconocimiento de los hongos, estableciendo fundamentos prácticos que permitan consolidar estrategias didácticas y pedagógica a futuro en su labor profesional, y maestros que estén dispuestos a implementar un proyecto escolar relacionado con la configuración de una huerta escolar, prácticas de laboratorio o discusiones en torno al uso de organismos por parte de la sociedad, que permita evidenciar interacciones biológicas o el reconocimiento de las micorrizas y paralelamente se desarrollen habilidades de investigación y valoración por los fenómenos biológicos por parte de los estudiantes.

3.Marco teórico

3.1 Microbiología agrícola

Esta área de la microbiología aborda el estudio de los microorganismos presentes en agroecosistemas (suelo, planta, atmósfera) y el análisis de sus interacciones con especies vegetales de importancia agrícola. La microbiología agrícola integra el conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el ciclaje de nutrientes para las plantas. El entendimiento de las interacciones que suceden en este ecosistema permite proponer estrategias coherentes para la fertilización de los cultivos y control de enfermedades en plantas, basada en el uso y/o manipulación racional de microorganismos o algunos de sus productos, como parte esencial de

una agricultura sostenible (Aldaneci, 2013). La microbiología agrícola la podemos ver como una alternativa a las prácticas tradicionales en agricultura ya que, se reconocen las propiedades que interactúan en el suelo y configuran las condiciones precisas para implementar áreas de cultivos, esto admitiendo que se ha hecho un mal uso de los suelos y un uso excesivo de agroquímicos.

En su inicio, la Micobiología se dedicó a la investigación en el área de la microbiología de suelos con énfasis en la simbiosis con leguminosa y la bacteria *Rhizobium* sp., en la actualidad este campo está en auge y se encuentran investigaciones relacionadas con (1) la fijación de nitrógeno en diferentes sistemas agrícolas, (2) el papel de las micorrizas en diferentes agroecosistemas, (3) el uso de microorganismos en el control de enfermedades y plagas, (4) el desarrollo de técnicas microbiológicas para determinar la calidad de suelos, (5) la determinación de la calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos y supresión de enfermedades mediante el uso de controladores biológicos (Chavarría, Uribe y Bolaños, 2005), todo esto con el objetivo de contribuir, mediante la investigación, al aprovechamiento de las actividades microbianas en el campo agrícola, con el fin de que las prácticas agrícolas reduzcan los riesgos de contaminación ambiental y que permitan una mejor utilización de los recursos.

3.2 Biofertilizantes

La fertilización química juega un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento de los cultivos, sin embargo, bajo un manejo inadecuado representa un riesgo ambiental por contaminación del suelo y del agua. Se hace necesario entonces, el uso de opciones de fertilización que sean amigables con el ambiente y que sean de bajo costo, fácil adquisición y manipulación. Por ende, los biofertilizantes son una de las opciones mejor acogidas por las nuevas prácticas de cultivo. En cuanto a su definición, Afanador (2017) plantea a los biofertilizantes como microorganismos vivos que, al ser aplicado a semillas, superficies de plantas o suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta y promueve su crecimiento y el suministro y la disponibilidad de nutrientes primarios. Así, el término biofertilizante se debe referenciar como un producto que contiene microorganismos, propios del suelo, que son aplicados en la búsqueda de aumentar su presencia en el suelo adyacente de las plantas para promover interacciones biológicas que resulten ventajosas en el cultivo de interés.

Así mismo, los biofertilizantes se basan en una fórmula controlada de microorganismos vivos que al entrar en contacto con el sustrato darán inicio a sus funciones biológicas, a las cuales se les otorgan cualidades de beneficio, como por ejemplo, la movilidad y disponibilidad de nutrientes base en su actividad biológica, conformando así un sistema de suelos saludables que han de recuperar la microbiota del suelo (Ismael, Walidos, Salah y Fadia, 2014), demostrando así, su gran potencial en la renovación de las prácticas agrícolas, su uso, es considerado como natural e inofensivo para los seres humanos y los organismos que se encuentran en los ecosistemas.

Por tanto, el uso de los biofertilizantes se podrían dividir en cuatro grandes grupos, en primer lugar, los fijadores de nitrógeno, como las bacterias simbióticas ejemplo de ello *Rhizobium* sp. específicas de las leguminosas y las bacterias de vida libre en el suelo, las cuales no necesitan a la planta para su reproducción, como *Azotobacter* sp. y *Azospirillum* sp.; en segundo lugar, los solubilizadores de fosfatos, que ocupan el 10% de la población del suelo, con especies representativas como *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium bilaji*, *Aspergillus niger*, *Mycobacterium* sp., *Thiobacillus* sp. y *Micrococcus* sp., entre otros; en tercer lugar, hongos solubilizadores de fosfato simbioses como las micorrizas, en la actualidad el uso intensivo de micorrizas ha tomado auge en los sistemas agrícolas ya que, se aplican en diversos cultivos, son adaptables y se asocian con aproximadamente el 90% de las plantas y pueden abundar en ambientes húmedos y secos; por último, los promotores del crecimiento vegetal, como *Gibberella* sp., *Anabaena* sp. (cianobacteria), *Nostoc* sp., *Diplodia macrospora* sp., *Phomopsis* sp. y *Trichoderma* sp., entre otros (Ver Figura 1).

Como se evidencia anteriormente, el estudio de las bacterias en la aplicación de biofertilizantes abarca un considerablemente porcentaje, pero debido a la fácil manipulación y adaptabilidad de los hongos, las micorrizas pueden implementarse en variados cultivos, con una tasa de inoculación elevada, garantizando mayores beneficios en los agroecosistemas.

Tipo de biofertilizantes	Microorganismos reportados	Aplicado en	Referencia
Fijadores de N ₂	<i>Azospirillum</i> sp.	Pasto de guinea (<i>Panicum maximum</i> Jacq.)	(Cárdenas et ál., 2010)
Fijadores de N ₂	<i>Azotobacter</i> sp.	Tomate, brócoli, coliflor, espinaca, etc.	(Jiménez, Montaña y Martínez, 2011)
Solubilizadores de fosfato	<i>Fusarium</i> spp. y <i>Cylindrocarpon</i> spp.	Café	(Posada, Sánchez, Sieverding, Aguilar y Heredia, 2012)
Micorriza arbuscular	<i>Rhizophagus irregularis</i>	<i>Cassava</i> (<i>Manihot esculenta</i>)	(Ceballos et ál., 2013)
Solubilizadores de fosfato	<i>Scopulariopsis</i> sp. y <i>Penicillium</i> sp.	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	(Beltrán, 2014)
Solubilizadores de fosfato	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., y un <i>Actinomicete</i> no identificado	Roca de fosfato	(Moreno, Osorio y González, 2015)
PGPR	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Banano (<i>Musa acuminata</i>)	(Gámez et ál., 2015 y 2016)
PGPR	<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	(Martínez y Dussan, 2017)
Micorriza arbuscular y hongos solubilizadores	<i>Rhizoglofus fasciculatum</i> y <i>Mortierella</i> sp.	Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill. cv. 'Hass')	(Tamayo-Vélez y Osorio, 2016)

Figura 1. Recopilación de publicaciones científicas sobre biofertilizantes en Colombia. Tomado de Afanador (2018)

3.3 Generalidades de los Hongos

La mayoría de los hongos son microscópicos, con apariencia filamentosa (hilo fino) y ramificados, pero también, existen hongos macroscópicos, formadores de setas (cuerpo fructífero), todas sus variadas formas de vida pertenecen al Reino Fungi, un grupo diverso conformado por más de 250.000 especies conocidas hasta el momento; los hongos son organismos Eucariotas, se reproducen por medio de esporas, las cuales que se forman por mecanismos sexuales o asexuales, paredes celulares compuestas por quitinas y glucanos, los cuales están embebidos en una matriz de polisacáridos y glicoproteínas (De Granada, De Restrepo, De Gutiérrez, 2003).

Los hongos son los únicos microorganismos no procariontes que se nutren por digestión extracelular y posterior absorción de pequeñas partículas solubles como monosacáridos, aminoácidos o péptidos, compuestos por un máximo de tres aminoácidos, por ende, son considerados quimio-heterotróficos. Su característica para absorber los nutrientes los diferencia de otros eucariotas, ya que deben producir exoenzimas que degradan los sustratos en partículas diminutas en solución acuosa que son absorbidas (Goday, 2019).

La gran mayoría de los hongos tienen estructuras vegetativas filamentosas llamadas hifas, las cuales crecen en forma de largos brazos ramificadas que se extienden por el suelo; estas son generalmente uniformes y delgadas con diámetros de 1 a 2 μ , aunque en algunos hongos pueden alcanzar hasta 10 μ de grosor (De Granada, De Restrepo, De Gutiérrez, 2003), al ramificarse ampliamente las hifas agrupadas forman lo que se denomina micelio, esta parte de los hongos es de gran importancia porque serán las estructuras encargadas de realizar los procesos de nutrición, esta es particularmente incolora. Por otro lado, la estructura reproductiva (las esporas) si presenta color, las cuales permiten su identificación.

Tiempo atrás se consideraba que los hongos eran una rama de la botánica. Hoy se contempla la micología, como un grupo heterogéneo, polifilético, formado por organismos pertenecientes por lo menos a tres líneas evolutivas independientes. En La taxonomía del Reino de los Hongos se establecieron ocho Phyla: *Microsporidia*, *Blastocladiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Chytridiomycota*, *Glomeromycota*, *Mucoromycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*, esta clasificación se basa en estudios de Sistemática Molecular Fúngica a partir de genes múltiples de rRNA (Jiménez, 2018).

3.4 Phylum *Glomeromycota*

Los hongos del phylum *Glomeromycota* son organismos simbioses que se asocian a las raíces de las plantas vasculares terrestres, epífitas, acuáticas y también a rizoides y talos de briofitas, formando una relación simbióticas-mutualistas conformando a los denominados hongos formadores de micorrizas arbúsculares, con las estructuras de arbúsculos y vesículas. Este phylum forma un grupo monofilético de hongos clasificados en 4 órdenes y 26 géneros (Redecker et. al ,2013 citado por Albanesi, 2013) con cerca de 220 especies descritas (Ver Figura 2).

Como características fundamentales de este phylum se señala que el micelio es cenocítico (sin septos), presentes en ambientes hipogeos, es decir que se desarrolla por debajo del suelo, a veces epigeo (sobre el suelo) y con presencia de clamidosporas, esporas de paredes gruesas de origen blástico las cuales se generan por gemación en la reproducción asexual, formadas en el extremo de la hifa, seguido por engrosamiento de los componentes estructurales de la pared y ocluido por septo; las esporas producidas presentan características únicas en el Reino Fungi, la

organización de las paredes en las esporas es una de las principales características morfológicas con fines taxonómicos, cada espora producida por hongos arbusculares es una única celular multinucleada, y los fenotipos de los caracteres subnucleares, que constituyen las paredes de las esporas, presentan alta variabilidad que no es encontrada en otros grupos fúngicos, diversas características morfológicas y ontogénicas de las esporas son utilizadas para describir y clasificar a estos hongos (Albanesi, 2013).

Los hongos del phylum *Glomeromycota* no poseen reproducción sexual, pero si asexual, se reproducen por esporas asexuales o clamidosporas. Estas esporas son unidades biológicas preprogramadas, en estado de quiescencia (reposo), que necesitan ser activadas para desencadenar los procesos biológicos celulares y las funciones metabólicas que sustentan su germinación y crecimiento de la fase filamentosa (Albanesi, 2013). No poseen los sistemas genéticos y metabólicos para su crecimiento continuo a menos que se asocien a células de raíces vivas. La clase *Glomeromycetes* abarca las endomicorrizas que son simbioses intracelulares de plantas y forman estructuras como apresorio, arbusculo, vesícula y esporas externas para su reproducción (Jiménez, 2018).

CLASS	ORDER	FAMILY	GENUS	
<i>Glomeromycetes</i>	<i>Glomerales</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Glomus</i> <i>Funneliformis</i> <i>Simiglomus</i> <i>Septoglomus</i>	
		<i>Claroideoglomeraceae</i>	<i>Claroideoglomus</i> <i>Viscospora</i>	
		<i>Diversisporales</i>	<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora</i> <i>Redeckera</i> <i>Otospora</i>
	<i>Entrophosporaceae</i>		<i>Entrophospora</i>	
	<i>Acaulosporaceae</i>		<i>Acaulospora</i> <i>Kuklospora</i>	
	<i>Pacisporaceae</i>		<i>Pacispora</i>	
	<i>Gigasporales</i>	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>	
		<i>Scutellosporaceae</i>	<i>Scutellospora</i> <i>Orbispora</i>	
		<i>Racocetraceae</i>	<i>Racocetra</i> <i>Cetraspora</i>	
		<i>Dentiscutataceae</i>	<i>Dentiscutata</i> <i>Fuscutata</i> <i>Quatunica</i>	
		<i>Archaeosporomycetes</i>	<i>Archaeosporales</i>	<i>Archaeosporaceae</i>
	<i>Ambisporaceae</i>			<i>Ambispora</i>
	<i>Geosiphonaceae</i>			<i>Geosiphon</i>
	<i>Paraglomeromycetes</i>	<i>Paraglomerales</i>	<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>

Figura 2 Clasificación de Glomeromycota, Tomado de Oehl et al., 2011.

3.5 Micorrizas arbusculares

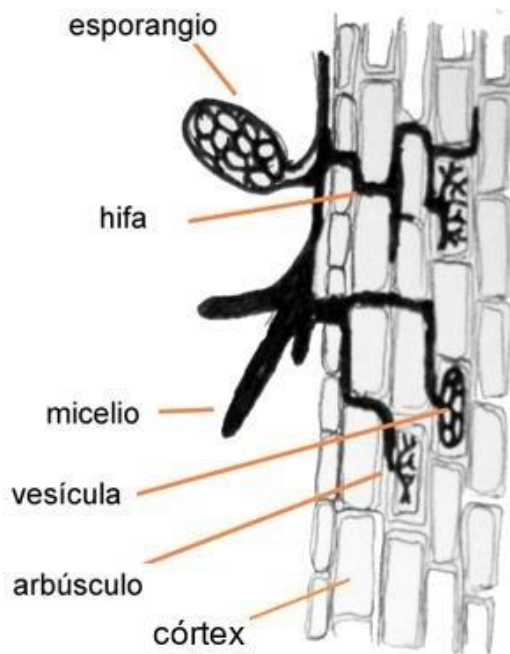


Figura 3 Representación de arbusculos y vesículas.
Tomado de: <https://fstn.es/endomicorizas/>

Las interacciones agrupadas bajo el nombre de Endomicorizas se distinguen, dentro de la morfología de colonización de las micorrizas, ya que las hifas del hongo formador de micorrizas penetran en las células corticales (corteza) de las raíces de la planta hospedera formando relaciones muy estrechas. El tipo de endomicorizas más ampliamente representadas en los ecosistemas son las micorrizas vesícula-arbusculares (Ver figura 3), los cuales no desarrollan red de Hartig (Ver figura 4), la cual es una red de hifas que se extiende dentro de las raíces de la planta, penetrando entre las células corticales y epidérmicas, colonizar intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrientes entre la célula vegetal y el huésped (Gómez, Olarde, Arriada y Contreras, 2008). Algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas, compuestas principalmente por lípidos. Estas vesículas están presentes intracelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrientes para el hongo. La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesículo-arbuscular, sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (Gómez, Olarde, Arriada y Contreras, 2008, p 301).

Los arbusculos son hifas que se dividen dicotómicamente, hasta alcanzar una estructura ramificada dentro del córtex, estas hifas son invaginadas por la membrana plasmática de las células corticales, mientras que las vesículas son estructura ovoides que presentan cualidades de almacenamiento formadas en la parte terminal de las hifas. Los géneros *Gigaspora* sp. y *Scutellospora* sp. no producen vesículas, en lugar de ellas forman células auxiliares. (Gómez, Olarde, Arriada y Contreras, 2008).

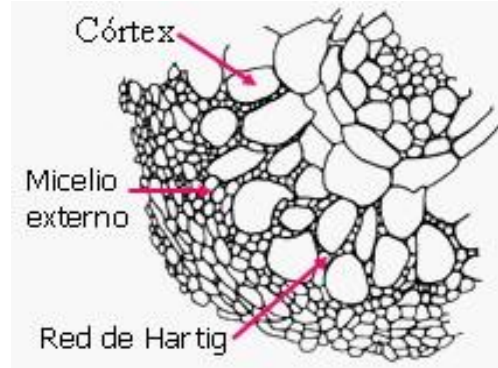


Figura 4. Red Harting de micorrizas. Tomado de: <https://acortar.link/Eg4GVV>

Las hifas externas pueden ser de tres tipos según su morfología y las funciones que llevan a cabo: las hifas infectivas, son las que inician los puntos de colonización en una o varias raíces; las hifas absorbentes son las que se encargan de explorar el suelo para la extracción de nutrientes (micelio) y las hifas fértiles son las que llevan las esporas.

3.5.1 Género *Glomus* sp.

Es uno de los géneros con más afinidad con plantas de interés agrícola, se encuentran documentadas y clasificadas a partir de la estructura de la espora. Sus esporas son glomoides (tipo globo) con dimensiones entre 60 μ - 100 μ las cuales se producen muy cerca de la superficie del suelo y son asexuadas, se pueden evidenciar la presencia de tres láminas en su pared (Ver figura 5); forma arbusculos y vesículas que pueden o no formarse según el ambiente (Romero, 2015, p10).



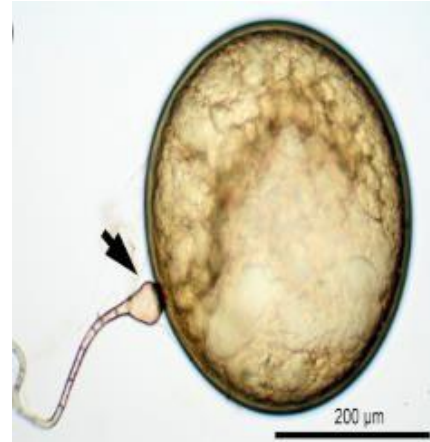
Figura 5. Espora de *Glomus* sp. Tomado de: <https://acortar.link/V8GNmB>

Dichas esporas se forman blásticamente sobre una hifa de sostén, solitarias, que bien puede estar en esporocarpio, con pared esporal formada por varias capas, las cuales germinan a través del extremo de la hifa de sostén o a través de la pared de la espora. Se presenta vesículas, con pared delgada y

elipsoides, y los arbuscúlos como troncos aplanados o cilíndricos adelgazándose sucesivamente en las ramificaciones (Bagyaraj y Stürmer, 2011).

3.5.2 Género *Gigaspora* sp.

Representantes de la familia *Gigasporaceae*, son especies que usualmente presentan esporas de un tamaño mayor a 200 μ , con propiedades que pueden variar como el color, el grosor y reacción hacia ciertos agentes químicos (Morton & Benny, 1990 cita por Romero, 2015). En cuanto a las características de sus esporas, su pared espiral está formada por dos capas permanentes en la cual no se diferencian paredes germinales, pero al germinar, se



diferencia una capa delgada y crece un tubo germinativo a través de la pared esporal, sus esporas se forman sobre una célula esporógena bulbosa y no se forman vesículas (Ver figura 6). En relación con las hifas intrarradicales, estas se encuentran cerca de los puntos de entrada ya sean nodosas o con proyecciones, a menudo, los arbuscúlos se evidencian como troncos hinchados angostándose en las ramificaciones (Morton & Benny, 1990 cita por Romero, 2015).

Figura 6. Espora de *Gigaspora* sp. Tomado de: <https://acortar.link/8JtOVM>

3.5.3 Género *Scutellospora* sp.

Al igual que el anterior género, estas hacen parte la familia *Gigasporaceae*, sus esporas (Ver figura 7) están formadas terminalmente sobre una célula esporógena bulbosa con células auxiliares que van de casi lisas a nodosas. No se forman vesículas. Los arbuscúlos e hifas intrarradicales similares en morfología a las de *Gigaspora*. Esporas con una pared formada por dos capas permanentes y de una a tres paredes germinales internas, cada una con dos capas. El tubo de germinación crece a partir de un escudo



Figura 7. Espora de *Scutellospora* sp. Tomado de: <https://acortar.link/8JtOVM>

flexible plano, que se diferencia sobre la superficie de la última pared germinal (Morton y Benny, 1990).

3.5.4 Género *Acaulospora* sp y *Entrophospora* sp

Forman un “sacuolo esporífero” para la ontogenia de sus esporas que nacen de forma lateral. Esporas formadas a los lados del cuello de un sáculo esporífero el cual deja una cicatriz en la superficie de la espora. Las vesículas varían en forma con protuberancias y concavidades. Hifas intrarradicales rectas o enrolladas cerca de los puntos de entrada. La micorriza se tiñe débilmente. La pared germinal más interna tiene una superficie con excrescencias. Germinación a través de una estructura de germinación esférica, plana, flexible (Spain, Sieverding, y Oehl, 2006).

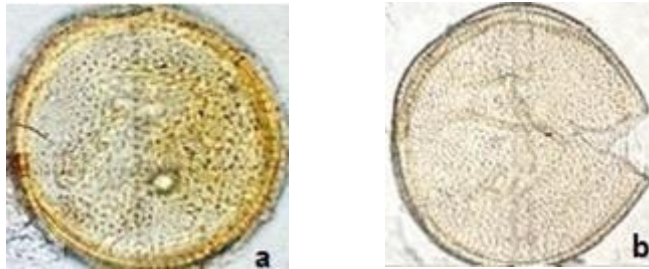


Figura 8. Espora de *Acaulospora* sp. (a) y espora de *Entrophospora* sp. (b)
Tomado de: <http://revistabionatura.com/2018.03.01.9.html>

3.6 Material didáctico

Se considera material didáctico a los recursos implementados para facilitar el proceso de enseñanza los cuales median con una construcción de aprendizajes (López, 2006). Al respecto, Cruzat (2009) señala que los materiales didácticos son medios que permiten incentivar y orientar los procesos educativos, se pueden considerar como auxiliares didácticos, otorgando al maestro un manejo práctico de la experiencia educativa dejando como evidencia una visualización de resultados considerados satisfactorios del proceso de aprendizaje. Por tanto, los materiales educativos son todos los elementos, herramientas o recursos que facilitan el proceso enseñanza-aprendizaje que contribuyen al aprendizaje, utilizando la motivación para afianzar experiencias representativas de un conocimiento determinado.

Con el objetivo de otorgar algunas características a los materiales didácticos, Simonit (2009) los define como textos diversos que se utilizan en las prácticas de enseñanza con el fin de

ampliar las fuentes de información, las actividades o formas de presentar los temas que se quieren trabajar los cuales se enfocan en la profundidad de un contenido específico, con cualidades estéticas exponiendo los conocimientos con claridad que permitan a los sujetos adquirir información, experiencia y desarrollar actitudes acordes a los objetivos a lograr. Por otra parte, los materiales didácticos pueden promover en los sujetos los conflictos cognitivos necesarios para que se produzca el aprendizaje y el desarrollo de sus estructuras cognitivas.

Además de esto, el material didáctico debe procurar ser un elemento que active la curiosidad y con ello la inquietud por aprender al descubrir, que a través del material se dan a conocer saberes relacionados a la vida cotidiana; haciendo que aquellos contenidos que suelen ser teóricos o abstractos, los cuales pueden generar actitudes negativas, se muestren más ligeros y llamativos (López, 2006).

Entendiendo las dimensiones generales de los materiales didácticos, se deben tener en cuenta tres dimensiones para su estructuración, la dimensión semántica (lo que el material dice) los contenidos, informaciones y mensajes que se comunican, la dimensión sintáctica (cómo lo dice el material) como los códigos y sistemas simbólicos que utiliza el material para presentar la información, modo de organización, estructuración y simbolización de la información, y por último, la dimensión pragmática (cómo y para qué será utilizado el material) haciendo referencia al uso que se hace del material (Moreira, M. et al. 2010).

3.6.1 Cartilla como material educativo

Existe una variedad de materiales utilizados en los procesos de educación que pueden ser empleados y/o diseñados a partir de las necesidades de aprendizaje, de los logros proyectados y del saber didáctico o habilidades del maestro. Cada uno de ellos con unas características propias y funciones especiales, a partir de esto, se puede determinar que una cartilla es un material educativo que es de utilidad al momento de implementar procesos didácticos (Baeza, Cuenca, Pazos y Roa, 2018). Visto de esta manera Verdugo (2012) considera la cartilla como una “herramienta de trabajo ágil, oportuna pertinente y eficaz para el maestro en su rol de orientador y guía de la enseñanza y para los estudiantes una forma de propiciar la construcción de su conocimiento” por ende, ayuda a adquirir ciertas competencias en determinados campos, en donde implica conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes, durante el desarrollo de la cartilla. A partir de

esto la cartilla es elaborada con el fin de enseñar temáticas específicas de una forma práctica, en donde los estudiantes pueden utilizar este conocimiento en su vida cotidiana.

Dentro de dicha variedad de material didáctico, la cartilla se destaca por ser práctica y presentar mayores posibilidades, al plasmar el contenido propio desde las condiciones especificando del contexto. Para Herrera (2013), la cartilla es un pequeño cuaderno impreso de formato simple, de fácil adquisición y distribución, en el contexto escolar la cartilla puede ser tomada como un material didáctico que facilita la práctica pedagógica en la medida que su manipulación es sencilla debido a su tamaño, la información que presenta es concisa y el diseño es motivador.

3.6.2 Diseño de una cartilla

El diseño de material didáctico establece un modelo de diseño permeado por un conjunto integrado de componentes estratégicos, tales como la forma particular de secuenciar las ideas del contenido, el uso de síntesis y esquemas panorámicos, el uso de ejemplos, la incorporación de la práctica y de diferentes estrategias para motivar a los estudiantes. Las propuestas de diseño no se limitan a un solo esquema u orientación pedagógica, sino que se encuentra encaminada hacia la búsqueda de un aprendizaje que favorezca la apropiación de este; para ello permite la planeación e implementación de acciones y estrategias de una manera práctica y motivadora. De allí que el diseño didáctico cobre gran valor en el material, pues permite una organización de ideas y el planteamiento de acciones con miras al desarrollo integral, con el firme propósito de trascender el conocimiento de la teoría a la práctica (Baeza, Cuenca, Pazos y Roa, 2018).

La cartilla es una herramienta de apoyo en la cual el papel del docente como orientador es fundamental para el logro de los objetivos, además que incluye de manera integrada aspectos semánticos y lingüísticos en talleres y actividades teórico-prácticos individuales y grupales, que apunten al fortalecimiento de las habilidades y el desarrollo de las competencias de los estudiante (Alzate y Herrera, 2017). Al establecer el diseño de un cartilla, se debe considerar algunos de sus elementos o partes estructurales, tales como, una portada con un título creativo acompañada de diagramación ilustrada alusiva al contenido; un desarrollo que inicia con una página de presentación, seguida de un índice de contenido que evidencian la estructuración y organización de los contenidos, continuando, con el desarrollo de dichos contenidos, implementando un

lenguaje directo, despojado y dinámico sin perder la firmeza, claros y cortos, con proyecciones atractivas y coloridas, y a la vez reflexivas e informativos, utilizando el manejo y la presentación de ejemplos, tanto a nivel del texto como de imágenes, teniendo en cuenta el propósito pedagógico, reconociendo el público y la estrategia de circulación de la cartilla, teniendo en consideración siempre un sentido en lo visual en el lenguaje gráfico, las imágenes, las formas y los colores (Campo, 2012), por último, establecer algunas ideas o conclusiones que se quieran afianzar para que se tengan presente entre la población.

Para tener en consideración, un diseño parte de una planificación que resulta importante a la hora de estructurar. Cada cartilla presenta particularidades impregnadas por el autor, por ende es de importancia tener en cuenta cuestionamientos que orienten la conformación del material, como por ejemplo, ¿Qué características debe tener mi cartilla? o ¿Cómo pienso diseñar y organizar mi cartilla?, que permiten elaborar un plan de escritura preliminar el cual, cumple la función de orientar el sentido y razón de la cartilla, que de igual manera surgirán de darle respuestas a algunas preguntas orientadoras como, ¿Para qué elaboraré una cartilla?, ¿Cuál es el propósito?, ¿Quiénes serán mi público?, ¿De qué tema tratará?, ¿Cuáles serán las secciones o páginas que tendrá? y ¿Qué forma o estructura tendrá? (Alzate y Herrera, 2017).

Para la autora Campo (2012), la cartilla tiene un parecido con un manual o una guía. Es más sintética, contundente y menos densa que un manual; más didáctica y menos inductiva que una guía, tanto por diseño y lógica visual como por la forma de organizar, secuenciar, articular, jerarquizar los contenidos y las imágenes. La cartilla puede ofrecer un recorrido inductivo (de lo particular a lo general) o deductivo (de lo general a lo particular), promoviendo el pensamiento abductivo, invitando a los lectores a construir sus propios conceptos respecto al sentido de las cosas, los elementos de análisis y sus criterios de acción (Alzate y Herrera, 2017).

4. Antecedentes

A continuación, se muestran trabajos relacionados con la presente Trabajo de Grado, los cuales permiten analizar la relevancia de su desarrollo, teniendo en cuenta la implementación de micorrizas arbúsculares en plantas. Con el fin de propiciar elementos que aporten en la metodología, discusión y análisis; en este sentido se muestra la información organizada, a nivel internacional, nacional y regional-local; cuyo efecto se basa en la identificación de la situación actual en materia de investigación los cuales dan cuenta de la relevancia y pertinencia de la temática en el contexto colombiano.

4.1 Nivel internacional

En primer lugar en el artículo elaborado por Alarcón y Ferrera (2003) desde México, titulado “Aplicación de fósforo e inoculación de hongos micorrizicos arbúsculares en el crecimiento y estado nutricional de Citrus volkameriana Tan & Pasq”, da cuenta de un experimento basado en la inoculación o no de micorrizas en Citrus volkameriana Tan & Pasq, específicamente el hongo *Glomus Zac-19*, en la cual busca evidenciar sus efectos en la asimilación de nutrientes, aportando cantidades variadas de fertilizante fosfato y evidenciar el porcentaje de colonización bajo dicha condición del medio del hongo. A partir de esto se especifica el procedimiento llevado a cabo en el laboratorio para propiciar la inoculación de micorrizas, desde la esterilización de los implementos hasta la determinación de los nutrientes en las plántulas. Demostrando así que se indujo incrementos significativos en altura, diámetro de tallo y materia seca total de las plantas. Mencionando que la presencia de la simbiosis micorrízica estimulo la distribución homogénea del crecimiento de las plantas de cítricos, tanto hacia la parte aérea, como hacia la raíz; mientras que, en plantas no inoculadas, el crecimiento se da en mayor proporción hacia la parte aérea, en especial cuando se tiene limitaciones nutricionales.

Por lo anterior, este antecedente aporta todo un referente a la metodología de inoculación en plantas y permite un punto de comparación para justificar y afianzar los futuros resultados de esta investigación, así como también permitirá evidenciar un análisis, organización y presentación de los datos de manera graficada.

En segundo lugar, encontramos a Noda (2009), plantea un artículo en el contexto Cubano titulado “Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos” en el cual se presenta la necesidad de extender la inoculación de micorrizas arbúsculares como una forma de propiciar la fertilización en el área de la agricultura tras los efectos adversos de los químicos en el suelo ya que estas dan respuesta favorable como alternativa ecológica, al evidenciar que en suelos con altos contenidos de fósforo (P) la inoculación con micorriza incrementa el crecimiento, las plantas desarrollan una calidad biológica superior, en cuanto a mayor altura, vigor y área foliar, se incrementan los rendimientos y protege las raíces contra hongos patógenos. Además, el biofertilizante permite ahorrar hasta un 50% del volumen de los productos químicos necesarios, influyendo en el ejercicio de una agricultura ecológicamente más amigable con el ambiente.

Por otro lado, se presenta a las micorrizas arbúsculares desde sus características simbióticas, las estructuras que les dan su nombre y una forma de inoculación del hongo desde el sustrato. En ese sentido, se menciona que ya se encuentran varios productos comerciales en el mercado que contienen esporas de micorrizas y son fácilmente aplicadas en el suelo para esperar una inoculación y se ha probado que se obtienen mejor desarrollo frente a la sequía, mayor aprovechamiento de los nutrientes y disminución de los fertilizantes químicos, tanto en condiciones de la agricultura familiar en pequeñas extensiones y de siembra manual, como en la agricultura intensiva, en grandes extensiones y con siembra tecnificada (Noda, 2009).

En este antecedente, encontramos una manera de exponer el conocimiento biológicos a prácticas sociales asociadas con la calidad de vida de la población en materia de alimentos, lo cual convierte al conocimiento biológico en aplicable y evidenciable, que esté disponible para nuevos conocedores interesados en aportar un cambio a la degradación y cuidado del medio ambiente, convirtiéndolo en objetos de enseñanzas desde la mirada de un aprendizaje enmarcado en un contexto rural, si consideramos su aplicación a prácticas agrícolas tradicionales o urbanas, trabajar con poblaciones en huertas escolares o comunitarias, e incluso, la aplicación de prácticas didácticas biológicas asociadas a personas individuales desde los jardines de sus casas.

Se reconoce el trabajo de Mujica, Noval y Amico (2010) en la Habana, Cuba, titulado “Respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de dos inoculantes de hongos micorrízicos arbúsculares por vías diferentes de inoculación”, cuyo objetivo fue el de evaluar la respuesta productiva del cultivo de tomate (*Solanun lycopersicum* L. var Amalia) al ser inoculado con el

género de *Gonhod Glomus* cuyas vías fueron en estado sólido y líquido. Se emplearon cepas de *G. hojlike* y *G. mosseae*, la inoculación se realizó en la etapa de semillero a siete días de la germinación. Después de transcurridos 30, 55 días y en la cosecha se evaluaron algunas variables como, la masa seca foliar, altura de las plantas y el rendimiento agrícola, de igual manera se evaluó el porcentaje de colonización radial de la micorriza. Desde acá se plantea tres variables a evaluar: en primer lugar se encuentra los parámetros fúngicos (a los 30 y 55 días de trasplante DDT) se establece que las raicillas fueron secadas a 70 °C y teñidas mediante la metodología de Phillips y Hayman (1970) y el porcentaje de colonización radical se evaluó según el método de los interceptos descrito por Giovannetti y Mosse (1980); en segundo lugar el índices del crecimiento de las plantas (a los 30 y 55 DDT) se determinó la altura de la planta (cm) y para la determinación de la masa seca foliar (g) las muestras permanecieron en la estufa a 70 °C hasta obtener peso constante; y por último el componentes del rendimiento agrícola. Teniendo, así como resultado que el inoculante líquido tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de crecimiento y el rendimiento del tomate.

A partir del anterior antecedente, se enriquece la metodología de investigación ya que se plantean nuevas formas de contrastar y análisis de datos; da cuenta de una serie de métodos aplicables a la práctica en campo y recolección de datos, evidenciando herramientas estadísticas que ayuden a consolidar la evidencia de las variaciones de planta y planta. De igual manera, permite examinar los posibles resultados a analizar en relación con la respuesta positiva a la inoculación con micorrizas al introducir una variable en la cantidad de esporas por planta.

Por último, Méndez, Esquivel y Ochoa (2021) en una investigación titulado “Indicadores de colonización de hongos micorrizicos arbúsculares en papa (*Solanum tuberosum* L.” desde Perú, plantean la pertinencia de los hongos micorrizicos como biofertilizante, y establecen un experimento realizado en condiciones de invernadero, en el cual el objetivo fue evaluar la efectividad e infectividad de especies de hongos micorrícicos arbusculares en *Solanum tuberosum* L. “papa” variedad única. Dicho experimento conto con cinco tratamientos de diversas variedades de micorrizas: testigo, *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens*, *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglomus etunicatum*, de las cuales se inocularon 75 esporas por maceta (por especie y tratamiento), y se evaluando los siguientes indicadores: longitud (cm), número de hojas, peso fresco y seco de la parte aérea (g), longitud de la raíz (cm), peso fresco y seco de la raíz (g),

número de tubérculos y estolones, vigor de la planta, número de esporas y porcentaje de infección. En cuanto a los resultados, se concluye que *G. fasciculatum*, *E. infrequens* y *F. geosporum* tuvieron mayor efectividad y *C. etunicatum*, *G. fasciculatum* y *F. geosporum* mostraron mayor infectividad.

A partir de lo anterior, las plantas micorrizadas fueron analizadas a los 110 días, de las cuales se concluyó que: el tratamiento inoculado con *E. infrequens* tiene mayor cantidad en número de hojas en comparación con los demás tratamientos, también relaciona menos fotosintatos al crecimiento radical, al adquirir los nutrientes principalmente a través del micelio extra radical de hongos formadores de micorrizas arbúsculares (HFMA) asociados con sus raíces; el tratamiento inoculado con *F. geosporum*, aumenta el peso seco aéreo y peso fresco aéreo, las plantas experimentan un considerable aumento en su biomasa debido principalmente al mejoramiento de su nutrición mineral inducido por el hongo; *G. fasciculatum* presenta un mayor porcentaje de colonización, considerándose más eficientes, su alta simbiosis ocurre en etapa temprana y se distribuye extensivamente dentro de la raíz produciendo infección densa por punto de entrada (Méndez, Esquivel y Ochoa, 2021).

En comparación, las especies con mayor efectividad fueron *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora infrequens* y *Funneliformi geosporum*, las más colonizante *Claroideoglomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* y *Funneliformis geosporum*. En tal sentido, sería conveniente emplear como biofertilizantes a *G. fasciculatum*, *E. infrequens*, *F. geosporum* y *C. etunicatum*, realizando inoculaciones para mejorar la calidad de suelo, productividad de las plantas, absorción de nutrientes (Méndez, Esquivel y Ochoa, 2021).

En la anterior investigación, se evidencia la importancia del reconocimiento de la efectividad de algunas especies de hongos micorrizicos en relación con los objetivos planteados por cada usuario de las micorrizas, ya que, si bien se busca una productividad alta, se debe tener en cuenta las necesidades nutrimentales de la planta de estudio. Al igual se reconoce la conveniencia de realizar una inoculación controlada que permite un grado de simbiosis eficiente en los procesos de cultivo. Y por último, se tiene en consideración los diversos factores que pueden afectar el grado de colonización micorrícica tales como la humedad, temperatura, el pH del suelo, luminosidad, nivel de oxígeno en la rizosfera, la especie de HMA y la planta hospedera.

4.2 Nivel nacional

En Colombia encontramos antecedentes de micorrizas arbusculares estrechamente relacionadas con el área de la agricultura, su importancia y relevancia como alternativa sostenible en los suelos desde la Orinoquía hasta la amazonia. Así pues, encontramos a Hernández y Monroy (2017) con su trabajo de grado “*Caracterización de hongos micorrícicos arbusculares asociados a tres clones de cacao (Theobroma cacao L.) en el Yopal (Casanare), Colombia*”, en él se caracterizaron las micorrizas arbusculares hasta la asignación de género a partir de la extracción y descripción morfológica de esporas, paralelamente se tiene en consideración que las características físicas y químicas del suelo inciden en la simbiosis hongo-planta. Los factores que influyen en la distribución del inóculo de HMA (micelio externo y esporas) son diversos. Entre ellos se encuentran, la especie vegetal predominante, el pH, humedad del suelo, conductividad, contenido de fósforo, nutrientes y metales pesados.

Identificando así efectos beneficiosos como: aumento en la capacidad de absorción de las raíces, aumento en la movilización y transferencia de elementos del suelo a la planta, fomentan el desarrollo de microorganismos solubilizadores de fósforo en la micorrizosfera y asociaciones mutualistas con otras especies de bacterias y hongos, por tanto, también puede contribuir en el control biológico de fitopatógenos y en la estimulación del crecimiento vegetal. Además de los procesos metodológicos llevados a cabo en este antecedente, este trabajo aporta a la identificación de micorrizas a partir de la observación de las características de las esporas del hongo. Adicionalmente abre un nuevo parámetro para tener en cuenta en la investigación, el cual está relacionado directamente con las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Ahora bien, Rivera, Galindo, Caicedo, Navia, Romero (2014) con la investigación titulada “*Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) en palma de aceite*”, presentan por medio de un boletín los resultados de varios años de investigación en la búsqueda de hongos formadores de micorrizas arbusculares y su utilización para aumentar la competitividad del cultivo. En el boletín se evidencia una visión global de las micorrizas acompañada de un marco conceptual biológico de cómo se puede usar y aprovechar en asociación con en el cultivo de la palma de aceite. Invitación a que los palmicultores utilicen alternativas biológicas que les permitan solventar problemas y limitaciones que pueda presentar el cultivo, aportando a la sostenibilidad y productividad de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia.

Esta investigación aporta todo un marco referencial relacionado de la biología de la micorriza a partir de evidencia fotográfica que da cuenta de las estructuras del hongo y la simbiosis localizada en la raíz. Que se extiende hasta la identificación de la simbiosis HFMA–raíces de las plantas terrestre, el proceso de obtención inóculos micorrizógenos y una análisis de sus efectos en palma de aceite. Añadiendo a todo esto, encontramos un aporte a cómo se realiza el protocolo de extracción e identificación de esporas de HFMA y producción de inóculo a partir de esporas de HFMA y un laboratorio para clareo, blanqueo y tinción de raíces e identificación de estructuras de HFMA

Se referencia a Pérez, Espitia y Martínez (2012) con su trabajo “*Diversidad de micorrizas arbúsculares en agroecosistemas de pastura del Departamento de Sucre*”, cuyo objetivo es comparar la diversidad de micorrizas arbúsculares asociadas al pasto *Colosoana (Bothriochloa pertusa (L) A. Camus)* y *Angletón (Dichanthium aristatum, Benth)*, se determinó la densidad de esporas en el suelo y el porcentaje de inoculación en las raíces en ambas especies de pasto. Se aislaron morfotipos que permitieran la identificación de especies utilizando claves taxonómicas. Los resultados del análisis de densidad de esporas en el suelo muestran que la mayor densidad de esporas está relacionada con *Colosoana* y *Angletón*. Un total de 32 morfotipos fueron aislados.

Del total de morfotipos aislados de esporas de HMA en *Colosoana* y *Angletón* del municipio de Tolú, el 94.1% corresponden al género *Glomus* y 5.9% corresponde al género *Gigaspora*. De los morfotipos de HMA aislados en el municipio de Corozal en estas mismas especies de pasto, el 86.6% pertenece al género *Glomus* y 13.4% corresponde al género *Gigaspora*. Todo esto indica que existe menor diversidad de géneros de HMA asociados a la especie *Bothriochloa pertusa (L) A. Camus* y *Dichanthium aristatum*; pero por las características de los morfotipos se demuestra que existe una gran diversidad de especies del género *Glomus*. Afirmando así que el pastoreo continuo produce disminución de la diversidad de micorrizas arbúsculares e incrementa la tolerancia y adaptación de ciertas especies a estas condiciones. Los morfotipos comunes en ambos municipios fueron: *G. aggregatum*, *G. maculosum*, *G. invermayanum*, *G. fragillistratum*, *G. claroides*, *G. fulvum* y *Gigaspora albida* (Pérez, Espitia y Martínez, 2012). Concluyendo así que existe una alta diversidad de micorrizas arbúsculares asociadas a estas dos pasturas en condiciones diferentes, del departamento, pero aún faltan estudios que permita predecir

los patrones de dispersión y localización de estas micorrizas en agroecosistemas específicos de pasturas en el departamento de Sucre.

Esta investigación aporta un marco de referencia a la hora de realizar la identificación de los hongos formadores de micorrizas, ya que proporciona una variedad de fotografías de los morfotipos hallados en las zonas de investigación, y su respectiva especie. De igual manera proporciona bases sobre sus características de color y forma, decisivas para entablar un análisis que dé cuenta del porcentaje de inoculación de cada género de micorriza en la planta de estudio. Dejando ver así su amplia diversidad en el área de los biofertilizantes, en plantas de uso comercial y agrícola.

Para finalizar, se toma como antecedente una investigación realizada por Rodríguez (2009) titulado “*Efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización sobre la nutrición y rendimiento de ají (Capsicum spp.) en el Valle del Cauca*”; a fin de establecer material de análisis se realizaron dos experimentos, uno en etapa de vivero y otro en etapa de campo. En vivero se evaluó el efecto de los diferentes tipos de fertilización en ají clasificados en, tratamiento No. 1. Fertilización de síntesis química completa (FSQC) (Testigo), tratamiento No. 2. FSQC más orgánica, tratamiento No. 3. FSQC más orgánica más biofertilización I (Solubilizador de Fósforo: Fosfol producido con base en *Penicillium janthinellum*), tratamiento No. 4. FSQC más orgánica más Micorrizas, tratamiento No. 5. FSQC más orgánica más biofertilización II (Fijador de Nitrógeno) Dimasón producido con base en *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum* sp., y por último, tratamiento No. 6. FSQC más orgánica más biofertilización III, (Fijador de Nitrógeno: Dimargón producido con base en *Azotobacter chroococcum*). En campo se evaluó el efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización en ají. Las variables fisiológicas evaluadas fueron: peso fresco raíz y aéreo, número de hojas, altura de la planta (en cm), diámetro del tallo (en mm), peso seco total, peso seco de raíz y aéreo

Como parte de los resultados, la prueba de comparación de medias se muestra que el tratamiento con mayor desarrollo y crecimiento de las plantas de ají hasta su época de trasplante fue el Tratamiento 4 (fertilización de síntesis química completa más orgánica más micorrizas), las plantas inoculadas con micorrizas presentaron un significativa TiVo valor en la producción de materia seca y altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta, peso total, peso fresco aéreo, y radical, peso seco radical y aéreo, peso seco total por planta y número de frutos; lo

cual se puede explicar dada la presencia de microorganismos como (micorrizas y bacterias como *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum* sp. como fijadores de nitrógeno y *Penicillium janthinellum* como solubilizador de fósforo), por el contrario la aplicación de insumos químicos inhibió drásticamente la presencia de microorganismos, lo cual permite plantear que las prácticas modernas de agricultura tales como rotación de cultivos, aplicación de plaguicidas, arado y fertilización química, afectan la calidad de los propágulos de hongos formadores de micorrizas arbúsculares, así como el número de especies fúngicas que sobreviven a este tipo de prácticas en el suelo (Rodríguez, 2009).

Rodríguez (2009) concluyendo que, las concentraciones de nutrientes de los cultivos evaluados y los biofertilizantes por vía fertirriego ya sea en la fase de invernadero para producción de plantas de calidad, así como los rendimientos obtenidos en campo, estimula el crecimiento de micorrizas. En los experimentos el tratamiento que recibió las micorrizas fue el mejor. Esto abre la posibilidad de explorar alternativas más sostenibles para la fertilización química, siendo la biofertilización como un complemento. Las inoculaciones conjuntas con otros microorganismos como hongos formadores de micorrizas arbúsculares y bacterias fijadoras de nitrógeno han sido más exitosas. De hecho, se han observado efectos sinérgicos sobre el crecimiento de las plantas con inoculaciones con *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., *Azotobacter* sp. y microorganismos solubilizadores de fósforo. También se observó la disminución de los costos ambientales por el menor uso de productos de síntesis química y de los costos económicos. El uso de biofertilizantes ayuda a disminuir notablemente el costo de producción del cultivo, ya que reduce la cantidad de fertilizantes de síntesis química a aplicar al cultivo.

La anterior investigación aporta a este Trabajo de Grado desde una fuente de análisis de futuros resultados hasta un referente que permita ampliar la metodología sobre los grupos de experimentación, fundamentando los datos en bases estadísticas a partir del uso de graficas. De igual manera permite, resaltar la relevancia del uso de micorrizas en el área de cultivos como alternativa a los fertilizantes químicos, siendo una alternativa de bajo costo tanto ambiental como económico que acerca el saber biotecnológico a campos de acción sociales promoviendo los procesos de educación en ciencia.

4.3 Nivel local

En primer lugar, se reconoce el trabajo planteado por Pérez, Ramírez, Serralde, Peñaranda, Wilcher, Ramírez y Rengifo (2019) “Hongos formadores de micorrizas arbúsculares (HFMA) como estrategia para reducir la absorción de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao*)” el cual se desarrolló en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca; el objetivo de este estudio fue evaluar la absorción de cadmio en un patrón de cacao (IMC 67) en asociación con hongos formadores de micorrizas arbúsculares (HFMA) para determinar su uso potencial como inmovilizadores de Cadmio (Cd) a mediano y largo plazo. Se evaluaron los HFMA *Rhizoglosum* intraradices y *Glomus macrocarpum*, junto con un consorcio de HFMA provenientes de suelos cacaoteros con altos contenidos de Cadmio.

A pesar de que no se presentaron diferencias estadísticas en las variables de altura de la planta, diámetro del tallo y peso seco de raíz, tallo y hojas, se observó que todos los tratamientos inoculados con HFMA, en las diferentes dosis evaluadas, presentaron valores iguales o superiores en comparación con el tratamiento que no estaba inoculado con HFMA (testigo), lo que significa que los tratamientos con HFMA, al tener solo el 50% de la fertilización, fueron más eficientes en la toma de nutrientes del suelo, en comparación con el testigo que tenía el 100% de fertilización. En cuanto a los resultados obtenidos en la absorción de micronutrientes como el hierro, cobre, zinc y manganeso se pudieron observar que los tratamientos inoculados con HFMA presentaron la mayor absorción de esos micronutrientes, las plantas al tener una mejor nutrición por fósforo aumentarían su biomasa y podría existir un posible efecto de dilución por el crecimiento de las plantas como se ha observado en diferentes estudios (Pérez *et.al*, 2019).

En este estudio se observó que hubo translocación de cadmio, lo que sugiere que el cacao puede vivir bajo estas condiciones; por ende, Pérez *et.al* (2019) concluye que el uso de hongos formadores de micorrizas arbúsculares (HFMA) podría reducir la translocación de este metal hacia la parte aérea de la planta, pero esto dependería del HFMA a evaluar, que para efectos de este estudio y hasta en la etapa que se evaluó (vivero 4 meses) los HFMA nativos podrían integrarse como estrategia para reducir la translocación del metal hacia la planta. Adicionalmente, las plantas cuando están micorrizadas disminuyen los niveles de expresión de algunos transportadores del metal en la raíz en comparación con las plantas no micorrizadas, por lo tanto, los HFMA

pueden actuar como amortiguadores de metales aumentando el suministro del metal en concentraciones bajas pero disminuyéndolo cuando está en concentraciones tóxicas para la planta, como lo observado en este estudio, en donde a concentraciones altas (24 mg kg^{-1}) de Cd los HFMA disminuyeron su translocación hacia la planta.

En el anterior trabajo, se puede evidenciar como el estudio de los hongos formadores de micorrizas permite la identificación de otros tipos de aplicaciones biotecnológicas, como puede llegar a ser la biorremediación; el uso de las micorrizas trae consigo beneficios de estabilización de los suelos contaminados añadiendo a esto la resistencia de la vegetación a ambientes hostiles, dando cuenta de la importancia de reconocer las variables del terreno antes de realizar una inoculación en campo. Las prácticas biotecnológicas traen consigo beneficios múltiples a la hora de establecer prácticas amigables con el ambiente y como también llegan a ser de importancia académica entre los saberes locales para su difusión.

En segundo lugar, se retoma la investigación de Rendon, Mancipe, Andrade, Bello, Sánchez, Campos y Rivera (2020) titulada “Caracterización de hongos formadores de micorrizas arbusculares en maíz (var.ica-508) de Cajicá (Colombia)”, en la cual reconoce que el estudio de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) contribuye en la búsqueda de alternativas sostenibles que minimicen el impacto derivado del uso de agroquímicos. Por ende, su investigación busca caracterizar la asociación del maíz (*Zea mays* L. var.ICA- 508) con algunos géneros de HFMA. Se evaluó el porcentaje de colonización de raíces (%CR), número de esporas de suelo seco y se caracterizaron los morfotipos presentes.

Como resultados se dice que, el %CR total, presentó un valor promedio de 98% con diferencias significativas entre muestras. En promedio se cuantificaron 205 esporas. Se observó, en promedio 68 morfotipos de HFMA, pertenecientes a los géneros *Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp. Se verificó una alta colonización de los HFMA de la zona de estudio en las plantas de maíz var. ICA-508. Concluyendo con ello que, en suelos tropicales, el maíz muestra una alta dependencia a la asociación debido a que en ausencia de HFMA, el desarrollo vegetativo puede limitarse por la baja capacidad de exploración de las raíces; y proponiendo que esta investigación es una evidencia de la asociación simbiótica entre el cultivo de maíz y HFMA en la localidad de estudio, con la presencia de estructuras características de la simbiosis como arbusculos, vesículas y micelio intra y extra radical y esporas en suelo. El porcentaje de

colonización total es un indicio de la asociación HFMA-planta, además la alta presencia de arbusculos en la etapa fenológica del cultivo es un buen indicador de la simbiosis (Rendon, *et.al*, 2020).

En la investigación realizada por Tirado (2017) “Presencia de esporas de hongos micorrízico arbusculares en suelos del Bosque Alto Andino, Parque Natural Chicaque” se identifica la presencia de estos tipos de hongos en espacio de poca intervención antrópica, la cual dan cuenta de un factor determinante en el ciclaje de nutrientes y su adaptación a condiciones variantes de clima y suelos, reflejando un alto número de especies vegetales que realizan simbiosis con dichos hongos, por esta razón se busca determinar la presencia de dichos hongos, en bosque altoandino en el Parque Natural Chicaque para contribuir con el conocimiento de estos ecosistemas mediante el reconocimiento de esporas de hongos micorrízicos arbusculares.

Dentro de los resultados obtenidos en este estudio, se muestran la presencia HMA en los suelos muestreados a lo largo y ancho de la reserva parque natural Chicaque lo que indica una alta asociación con las 121 familias, 275 géneros y 630 especies vegetales descritas en el Parque. En consecuencia, se puede decir que la presencia de hongos micorrízicos se ha detectado en prácticamente todo tipo de suelos, pero su población y actividad dependen de las condiciones ambientales, como la presencia de nutrientes solubles y agroquímicos, los extremos de humedad y los extremos de temperatura que disminuyen su actividad y capacidad de crecimiento, la presencia de materia orgánica y la actividad biológica del suelo que llegan a tener efectos positivos; aunque hay que tener en cuenta que determinadas especies de hongos, bacterias y nematodos puedan interaccionar con los hongos micorrízicos. Las micorrizas se pueden potencializar para ayudar a las especies del bosque alto andino a contrarrestar el fenómeno de paralización por medio de la conservación de sus suelos y el manejo de las especies aprovechables (Tirado, 2017).

En los dos trabajos, citados anteriormente, se reconoce la incidencia de los micorriza como microorganismos propio de los suelos en estado natural, que tras su investigación llega a ser utilizada en zonas agronómicas o en zonas de recuperación y preservación de ambientes nativos; lo que permite utilizar este tipo de organismos como alternativa a las prácticas de fertilización contaminantes, otorgando un valor agregado, ya que se reconoce la importancia de preservar el equilibrio de los suelos, y permite tomar acciones del reconocimiento del rol del hombre en las

alteraciones lo cual permitiría afianzar los conocimientos entorno a las buenas prácticas biotecnológicas.

Por último, se toma como antecedente el trabajo de investigación de Pérez, Ramírez, Núñez, Correa y Roveda (2012), “*Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (Rubus glaucus, Benth)*”, en el cual se adaptó y evaluó un sistema de cultivo autotrófico para la micorrización *in vitro* de plántulas micropropagadas de mora de castilla (*Rubus glaucus*, Benth), que permite observar en forma directa, no destructiva, la dinámica de la simbiosis incluyendo, producción de esporas, colonización antirradical de las raíces y su capacidad de reproducir el ciclo de vida del hongo, mientras la planta se desarrolla al aire libre con una intensidad lumínica que permite la fotosíntesis de esta. Se realizó un diseño aleatorio simple, con tres tratamientos y 5 repeticiones. Cada sistema de cultivo *in vitro* autotrófico fue considerado como una unidad experimental; los tratamientos evaluados fueron, un tratamiento sin inocular (control), un tratamiento inoculado con fragmentos de raíces con vesículas y un tratamiento inoculado con esporas individuales, se tomaron 5 esporas y 5 fragmentos de raíces con vesículas previamente desinfectados y germinados de *Glomus* sp. y fueron colocados en las proximidades de las raíces de las plántulas de mora en cada placa de Petri.

Como resultado, las plantas inoculadas con fragmentos de raíces con vesículas o con esporas individuales de *Glomus* sp. tuvieron una mayor producción de biomasa aérea y radical, observándose diferencias significativas en estos tratamientos con respecto al control; en el momento de la cosecha (novena semana) las raíces ocupaban casi todo el volumen de la placa de Petri y estos tratamientos inoculados se pudieron cosechar una semana antes que el control; los valores obtenidos en promedio de la longitud aérea y radical en los tratamientos inoculados con esporas y fragmentos de raíces con vesículas de *Glomus* sp. fueron más altos que el control. Concluyendo con ello que, el sistema de micorrización *in vitro* con plantas autótrofas puede mejorar la condición física de las plantas, reflejado en un mayor crecimiento y desarrollo de estas, aumentando la capacidad fotosintética al expandir sus hojas, mientras que los HFMA mejoran el crecimiento y desarrollo de la planta al modificar la morfología de la raíz y el fortalecimiento en su función de absorción de (Pérez, *et.al.* 2012).

La anterior investigación aporta a este trabajo, un marco de referencia fotográfico al identificar el nivel de inoculación radicular de las plantas simbiotas por parte de *Glomus* sp. De igual manera aporta, como referencia de sistematización de los datos cuantitativos y cualitativos de la planta hospedadora a partir de un sistema estadístico. Por otro lado, amplía el trabajo de laboratorio, ya que permite evidenciar otra forma de lograr un estudio de la inoculación con micorrizas, que puede ser replicado en espacios con recursos de laboratorio para evidenciar los procesos biológicos de estos tipos de hongos, y las interacciones que se dan en la naturaleza entre organismos. Permite hacer del proceso de enseñanza y aprendizaje significativo para la población de intervención.

5. Planteamiento del Problema

En la actual crisis ambiental una de las problemáticas que se encuentra relacionada con la industrialización de la producción de alimentos de origen vegetal es la necesidad de aumentar el rendimiento de los cultivos, en las últimas décadas se hace uso de fertilizantes químicos de manera intensiva, las cuales acarrearán consecuencias sobre el agua, suelo y aire, e incluso sobre la salud de la fauna local y la salud humana; riesgos que no se deberían asumir, si se toma en cuenta que la producción no se sostendría por mucho tiempo. De la mano de dicha problemática, se desprende el bajo porcentaje de asimilación de nutrientes procedentes de fertilizantes químicos por parte de los cultivos.

En ese orden de ideas, los biofertilizantes resultan ser una estrategia viable a la mitigación del daño ambiental por parte de los fertilizantes químicos, se reconoce la importancia de la aplicación de micorrizas arbusculares como un biofertilizante, lo cual resulta relevante a la hora de realizar prácticas sostenibles que contribuyan al restablecimiento de las condiciones biológicas, químicas y físicas de los suelos, que a su vez mejora la producción agrícola.

Partiendo de lo anterior, se reconoce la importancia de hacer visible dicha problemática por medio de la enseñanza. El desconocimiento de la variedad de microorganismo ha generado una atribución negativa en el campo de la educación básica, que distancia a la población de saberes biotecnológicos relacionados con las interacciones simbióticas de las micorrizas con las plantas en

general y los beneficios que pueden acarrear dichas interacciones para la producción de alimentos y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; los cuales son difíciles de evidenciar, en un contexto educativo que no maneje un énfasis, ya sea biológico, ecológico o agrícola, que continúe con prácticas educativas tradicionales, donde la experimentación no es tomada en consideración como estrategias que fomenten la configuración de conocimiento.

Dando a entender el anterior panorama, es de esperar que se susciten cuestionamientos y reflexiones que por su naturaleza investigativa puedan ser respondidas y socializadas desde la enseñanza de la Biología, lo que nos lleva a sugerir que dicha relación simbiótica es un problema de investigación enmarcado en la experimentación con fines biotecnológicos, por ende, surge la siguiente pregunta problema:

*¿Qué potencial educativo tiene la inoculación de Micorrizas arbúsculares de los géneros *Glomus sp.*, *Acaulospora sp.*, *Entrophospora sp.* y *Scutellospora sp.* en *Lycopersicum esculentum* (Tomate Santa Clara) para la elaboración de material didáctico?*

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Estudiar la simbiosis de las micorrizas arbúsculares de los géneros *Glomus sp.*, *Acaulospora sp.*, *Entrophospora sp.* y *Scutellospora sp.* con *Lycopersicum esculentum* o tomate Santa Clara, como una estrategia que permita la elaboración de una cartilla didáctica enfocada al reconocimiento y uso de los biofertilizantes.

6.2 Objetivos específicos

- Evaluar el desarrollo de *Lycopersicum esculentum* en presencia y ausencia de micorrizas arbúsculares y fertilizantes químicos.
- Elaborar una cartilla didáctica que dé cuenta de la pertinencia del uso de micorrizas arbúsculares como biofertilizante en prácticas de cultivo de Tomate Santa Clara.
- Validar la cartilla con maestros ejerciendo en bachillerato y estudiantes universitarios pertenecientes al espacio de Seminario de Biología de Hongos-UPN.

7. Metodología

En el presente apartado se abordan los aspectos metodológicos configurado desde el paradigma positivista descrito por Ricoy (2006) el cual se desarrolla tomando el conocimiento de manera objetiva para cuantificar los fenómenos observables desde el control experimental y la rigurosidad de las ciencias naturales, donde se considera las prácticas empíricas como uno de los medios para conocer el mundo basándose en el pensamiento hipotético-deductivo.

Ahora, se opta por el enfoque mixto, el cual implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema, así como su integración y discusión conjunta para realizar inferencias y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández, et. al. 2014), utilizan evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias.

Como ventajas de este enfoque se reconoce que se logra una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno con el muestreo de persecuciones más integral, completa y holística, Hernández, et. al. (2014) señalan que los métodos mixtos “capitalizan” la naturaleza complementaria de

las aproximaciones cuantitativa y cualitativa. La primera representa los fenómenos mediante el uso de números y transformaciones de números, como variables numéricas y constantes, gráficas, funciones, fórmulas y modelos analíticos; mientras que la segunda a través de textos, narrativas, símbolos y elementos visuales. Así, los métodos mixtos caracterizan a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir el entendimiento de ellos.

Para tener en consideración, en el muestreo del enfoque mixto se toman dos decisiones fundamentales: la manera cómo van a seleccionarse los casos (participantes, eventos, episodios, organizaciones, productos, etc.) y el número de casos a incluir (tamaño de muestra). Para analizar los datos, en el enfoque mixtos el investigador confía en los procedimientos estandarizados y cuantitativos (estadística descriptiva e inferencial), así como en los cualitativos (codificación y evaluación temática), además de análisis combinados. La selección de técnicas y modelos de análisis también se relaciona con el planteamiento del problema, el tipo de diseño y estrategias elegidas para los procedimientos (Hernández, 2014).

7.1 Metodología Biológica

Con el fin de conformar un conocimiento disciplinar en el área de la Biología, el siguiente Trabajo de Grado busca afianzar procesos de investigación científica que den cuenta de la apreciación de conceptos fundamentales en la enseñanza de la Biología; por ende dentro de este apartado se dará cuenta del proceso de intervención, seguimiento y registro en el crecimiento y desarrollo del objeto de estudio, tanto de las micorrizas arbúsculares como de *Lycopersicon esculentum* (Tomate Santa Cruz), bajo condiciones controladas y experimentales que den respuesta a las implicaciones de la interacción biológica entre dichos organismos.

7.1.1 Biofertilizante de origen micorrícico

Como paso preliminar al bioensayo fue de importancia reconocer los géneros de micorrizas asociados a *Lycopersicon esculentum*, para ello se realizó la revisión bibliográfica de diversas investigaciones que dieran cuenta de ello; a continuación, surge la necesidad de indagar sobre la adquisición de dichos géneros, se desarrolló una indagación por internet y se obtuvo como resultado la compra del producto Agrobiológicos SAFER Micorrizas M.A., cuyas composición garantiza los géneros de *Glomus* sp, *Acaulospora* sp, *Entrophospora* sp y *Sutellospora* sp., con una concentración mínima de 300 esporas por gramo de suelo, un porcentaje de raicillas colonizadas de 70% y con una dosificación recomendada por gramo/planta.



Figura 9. Sustrato micorriza do SAFER. Tomada de: <https://acortar.link/BY6fc8>

7.1.2 Fertilizante químico FORZA Triple 15+MgO

Con el fin de realizar un paralelo entre dos diferentes compuestos que aportaran ventajas nutricionales a las plantas de tomate, se escogió el fertilizante químico Triple 15 granulado, este fertilizante es de fácil acceso para la población, es de bajo costo y fácil aplicación. Garantiza el aporte de todos los nutrientes, como el nitrógeno, fosforo, potasio, y otros elementos menores como calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, silicio y zinc, de forma equilibrada, mediante su disolución en contacto con el agua del riego, para que las plantas crezcan sanas y fuertes.



Figura 10. Fertilizante químico Triple 15. Tomada de: <https://acortar.link/gfYqn2>

7.1.3 *Lycopersicum esculentum*

La variedad de tomate seleccionada para este proyecto es el Santa Clara, cuyas cualidades de desarrollo son de fácil manejo ya que su ciclo vegetativo es corto de 6 a 7 meses, con un sistema radicular no superior a 30 cm, por lo que es ideal para un fácil manejo en maceta, y se desarrolla en temperaturas entre 18° y 25°, se adapta bien a climas templados. Para su respectivo cultivo se adquirieron las semillas de la compañía Impulse semillas con una pureza de 99% y germinación de 90%, tratadas con fungicidas. Esta variedad necesita de trasplante por ello se diseñó un semillero de 15 cavidades con cuatro semillas para dar inicio al bioensayo.



Figura 11. Variedad de semillas utilizadas para el bioensayo. Fotografía tomada y Editada por Autora.

Teniendo en cuenta las plagas y hongos asociados a este cultivo se aplica semanalmente, de forma preventiva, el fitocida ADNmilbe, cuya composición es de Alcaloides vegetales extraídos de las plantas *Ammothamnus* sp. y *Cadia* sp., adicionalmente se le agrega fertilizante orgánico foliar, ADNgard, cuyo compuesto es a base de un concentrado de aminoácidos de origen vegetal, los cuales complementa el Kit de cuidado de plagas.



Figura 12. Kit jardines de cuidado foliar. Tomada de: <https://acortar.link/NbvPNN>

De igual manera, previendo la carencia y necesidad nutricional de todas las plantas de estudio en este Trabajo de Grado se adiciona periódicamente materia orgánica en forma de compost y otras soluciones orgánicas como el té de cascara de banano, té de purín de ortiga y cascara de huevo que añadieran nutrientes al sustrato.

7.1.3 Bioensayo: incidencia de los fertilizantes químicos y biológicos en *Lycopersicum esculentum*

El bioensayo se inicia por medio de la selección de 15 plántulas del semillero con 60 días de desarrollo, fueron trasplantadas a almácigos de 15x20; las 15 plántulas fueron separadas y seleccionadas en grupos 3, a las cuales se les dieron dosis diferentes de fertilizante químico y micorrizas, para efectos de seguimiento cada almacigo se etiqueto de siguiendo el tratamiento a aplicar:

- Planta control (P.c)
- Tratamiento 1: Concentración de 7 gramos de Fertilizante Químico (F.q 7)
- Tratamiento 2: Concentración 3,5 gramos de Fertilizante Químico (F.q 3,5)
- Tratamiento 3: Concentración de 1 gramo de sustrato micorrizado (M.1g)
- Tratamiento 4: Concentración de 0,5 gramos de sustrato micorrizado (M.0,5g).

Una vez realizado el proceso, se dio inicio a la toma datos cuantitativos, tamaño del tallo (cm) desde el cuello hasta la yema apical, número de flores, número de frutos, y datos cuantitativos, color y desarrollo de nuevas hojas, vigorosidad y densidad de la raíz (en trasplante). Con fines de sistematización, se organizó una tabla (Ver tabla 1) y fueron tomado a la par registro fotográfico. Este procedimiento se realiza cada 8 días.

Tabla 1. Organización y sistematización de datos cuantitativos y cualitativos. Elaborado por Autora.

Código de plántula	Tamaño del tallo	Nº de hojas	Color de hojas	Nº de flores	Nº de frutos	Vigor
P.c#1	cm					
P.c #2						
P.c #3						
F.g 7g #1						
F.g 7g #2						
F.g 7g #3						
F.g 3,5 #1						
F.g 3,5 #2						
F.g 3,5 #3						
M. 1g #1						
M. 1g #2						
M. 1g #3						
M. 3,5g #1						
M. 3,5g #2						
M. 3,5g #3						

7.2 Comparativo experimental

Una vez realizados el bioensayo se realiza un análisis de los datos cuantitativos y cualitativos entre las plantas sometidas a fertilizante químico o biofertilizante, durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo. Añadido a esto, se tomó cálculos del peso fresco total de cada planta, dato crucial para el análisis de la absorción de nutrientes en plantas, lo cual busca inferir diferencias estadísticas significativas entre los tratamiento. Todo ello para comprender y consolidar ventajas y desventajas de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes. Contribuyendo a la construcción de conclusiones que aporten a la comprensión de los procesos biológicos y prácticas.

7.3 Prácticas de laboratorio

Con el fin de ampliar las habilidades prácticas, se realizará una prácticas de laboratorio que dieran cuenta de la identificación de esporas de micorrizas arbúsculares en el producto Agrobiológicos SAFER Micorrizas M.A. Y un segundo laboratorio que cumpliera con el objetivo de identificar la inoculación de los arbúsculos de las micorrizas en las raíces de *Lycopersicon esculentum*.

7.3.1 Observación de esporas de *Glomus sp*, *Acaulospora sp*, *Entrophospora sp* y *Sutellospora sp*.

Esta observación se realizó por medio de la adaptación de la Practica 13 de Valencia, H. (2010) Micorrizas: Hongos extensiones de las raíces. Reconocimiento y cuantificación de micorrizas arbúsculares y fue modificada por Herrera (2022) para aumentar las posibilidades de observación.

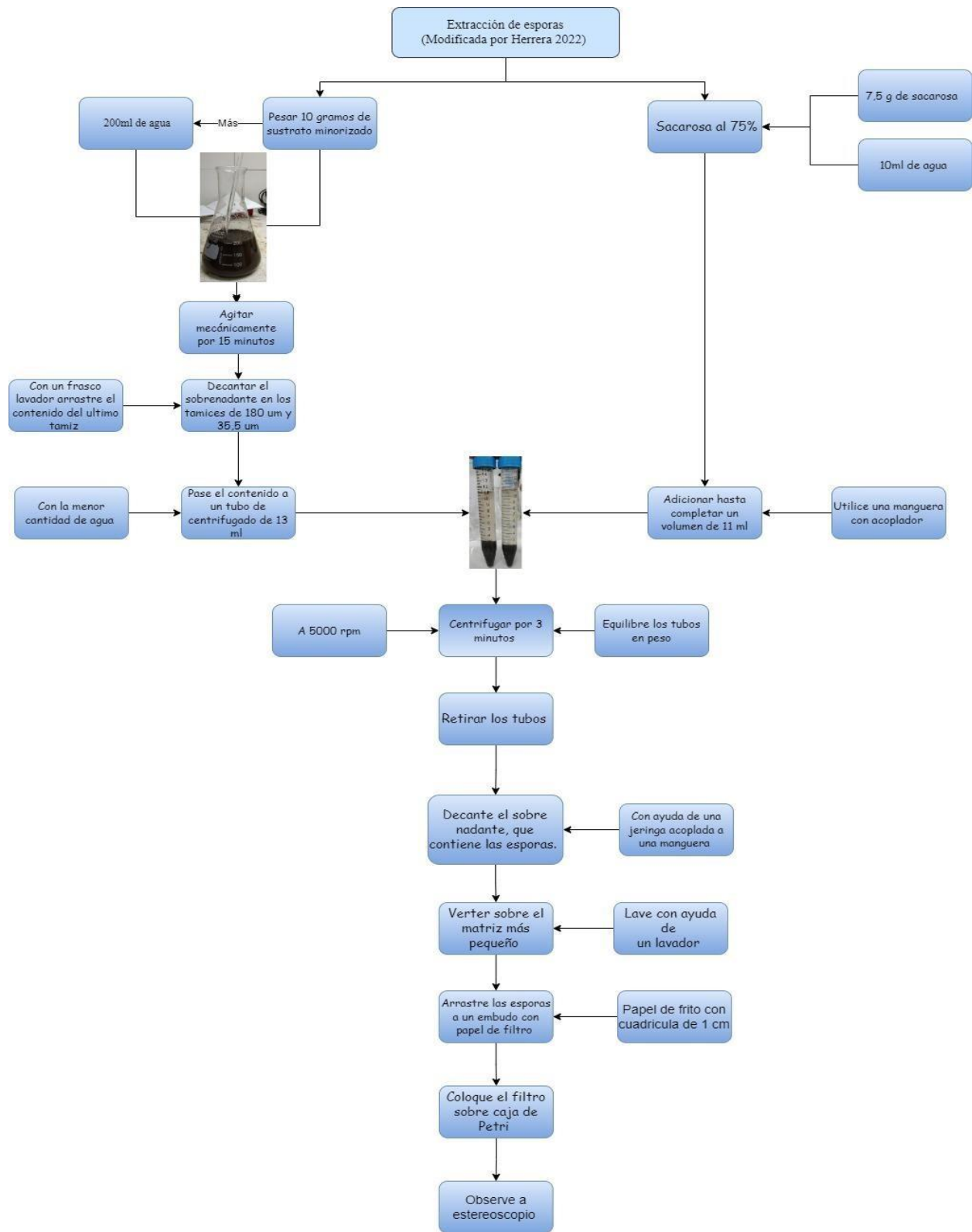


Figura 13. Pasos para la extracción de esporas. Elaborado por Autora

7.3.2 Colonización en raíz de *Lycopersicum esculentum*

Una vez terminada el ciclo vegetativo de las plantas de *Lycopersicum esculentum* se procede a realizar el laboratorio de colonización intracelular realizado con la metodología propuesto por Phillips y Hayman (1970).

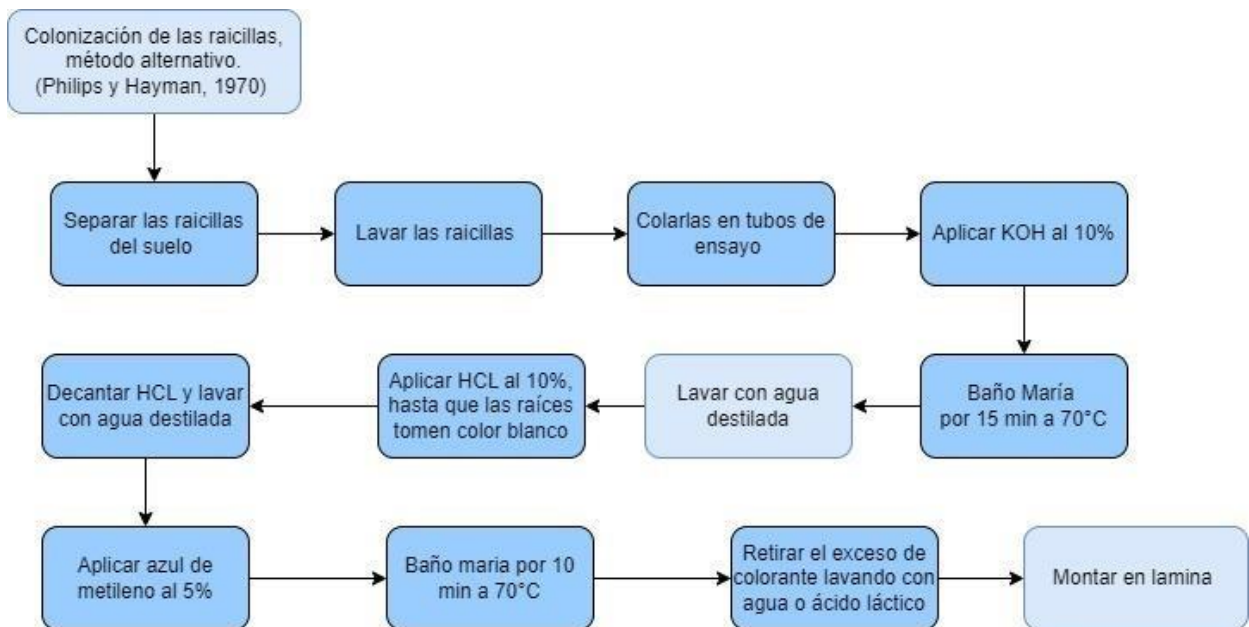


Figura 14. Pasos para el blanqueo y tinción de raicillas. Elaborado por Autora.

7.4 Metodología pedagógica

Para cumplir con el objetivo pedagógico de este Trabajo de Grado, se propone el diseño y elaboración de una cartilla educativa, que dé cuenta de los proceso y resultados del Bioensayo, acompañado de texto, imagines, documentos y videos aludido a procesos biológicos, prácticas de cultivo y guías de laboratorio. Que faciliten la enseñanza o aprendizaje de la Biología desde, el reconocimiento de las micorrizas, las interacciones biológicas, las aplicaciones biotecnológicas, las cualidades de las plantas, entre otras; a la par, se considera importante el desarrollo de

habilidades y alfabetización científica, sensibilidad y respeto frente a otras formas de vida no humanas y responsabilidad frente a prácticas humanas.

7.4.1 Diseño y elaboración de la cartilla

Retomando lo planteado anteriormente mencionado, la cartilla es un pequeño cuaderno impreso de formato simple, de fácil adquisición y distribución, en el contexto escolar la cartilla puede ser tomada como un material didáctico que facilita la práctica pedagógica al mediar la información que presenta de forma concisa y el diseño es motivador. Para ello se debe tener en cuenta tres dimensiones para su diseño como lo menciona Moreira, *et.al.* (2010), la dimensión semántica (lo que el material dice) los contenidos, informaciones y mensajes que se comunican; la dimensión sintáctica (cómo lo dice el material) como los códigos y sistemas simbólicos que utiliza el material para presentar la información, modo de organización, estructuración y simbolización de la información, y por último, la dimensión pragmática haciendo referencia al uso que se hace del material

En lo relacionado con la elaboración de la cartilla se hizo uso de la plataforma *Canva*, se parte de diseñar una temática constante para todo el modelo de la cartilla, donde se definen, colores y tipo de tipografía a aplicar. A medida que se elabora la cartilla se recopilan fotografías e imágenes que permitan favorecer a la comprensión de los procesos descritos. Se incorporan códigos QR que den cuenta de contenido más específico dentro de algunos de los ítem del contenido, por medio de artículos académicos y/o vídeos. Dentro de la cartilla se destinan espacios de reflexión y de actividades para que el usuario configure una “bitácora” de su proceso de aprendizaje.

En el establecimiento de esta cartilla, se tomó en considerar algunos partes estructurales, tales como:

- Portada con un título llamativo a lucido a la intención educativa acompañada de diagramación ilustrada alusiva al contenido.
- Un desarrollo que inicia con una página de bienvenida, seguida de un índice de contenido que evidencian la estructuración y organización de los contenidos. Es acá donde la semántica de la cartilla se centra en exponer la información recolectada durante el desarrollo de la metodología biológica, aportando a la alfabetización científica,

fortaleciendo las habilidades practicas los saberes populares y la identificación de problemáticas en el cultivo de estudio.

- El desarrollo de dichos contenidos, donde se implementando un lenguaje directo, dinámico, claros y cortos, con proyecciones atractivas y coloridas, y a la vez reflexivas e informativos, utilizando el manejo y la presentación de ejemplos, tanto a nivel del texto como de imágenes. Teniendo en consideración siempre un sentido en lo visual en el lenguaje gráfico, las imágenes, las formas y los colores.
- Propuestas de actividades, durante el desarrollo se establecen actividades que den cuenta el trabajo práctico y conceptual de los lectores de la cartilla, lo cual permite una interacción directa con el aprendizaje
- Conclusiones y recomendaciones, que permitan a los lectores de la cartilla reflexionar en torno al ejercicio.
- Glosario, tendrá el significado de algunas palabras que posiblemente sean desconocidas y brinde mayor claridad a los lectores sobre el tema a trabajar.

7.4.3 Validación

Se realizó con la población objetivo de estudiantes de la electiva de Seminario de Biología de Hongos de la Universidad Pedagógica Nacional y maestros en ejercicio en básica bachillerato. A través de la implementación de un cuestionario de validación virtual elaborado en la plataforma de Google Forms, el cual busque reconocer los siguientes aspectos en relación con el diseño y e implementación de la cartilla:

- La organización de la información que emplea la cartilla es apropiada para su uso en espacios de aprendizaje y/o enseñanza.
- La información que brinda la cartilla se encuentra actualizada y es adecuada para el conocimiento de la importancia de las micorrizas.
- Los conceptos biológicos se presentan con claridad y permiten la comprensión de la temática tratada. utilizados son claros.
- Las imágenes, figuras y códigos QR presentadas permiten la comprensión de los temas, y acercan al lector a la relacion entre contenidos. presentadas permiten la comprensión de la temática.

- El vocabulario utilizado es sencillo y fácil de entender permitiendo la comprensión del contenido.
- La cartilla permite desarrollar habilidades como la observación y argumentación sobre la temática propuesta.
- Las actividades presentadas en la cartilla son favorables para el proceso afianzar el contenido.
- La cartilla motiva al lector a problematizar el uso de fertilizantes químicos en las prácticas de cultivo.
- La cartilla permite evidenciar las ventajas de los biofertilizantes a base de micorrizas en prácticas de cultivo.
- La cartilla rescata las actividades prácticas para la configuración del conocimiento.

Para evaluar los anteriores ítem se implementó su evaluación por medio de escala de Likert donde 1 es la mínima nota y 5 la mayor. Acompañada con una justificación a la nota. Acompañado de esta evolución se establecen una pregunta adicional, y para finalizar se solicitan una aparto de observaciones y/o aspectos a mejorar.






- ¿Encuentra alguna dificultad en la comprensión de la temática y de las prácticas como lo presenta la cartilla?

8. Resultados y análisis

8.1 Bioensayo de fertilizante químico y biológico en *Lycopersicum esculentum*

Se seleccionaron 15 plantas para realizar el correspondiente seguimiento, en relación con el crecimiento vertical y el desarrollo de flores y frutos, a las cuales se les suministro a 12 de ellas cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de fertilizante químico (7 gramos y 3,5 gramos) y fertilizante Biológico- micorrizas (1 gramo y 0,5 gramos). Fueron etiquetadas con su respectivo identificador, que consistía en una enumeración del 1 al 3 y la correspondiente dosis de tratamiento

(Ver figura 15). Adicional a ello se agregó un grupo control de tres plantas. Se seleccionaron las tres plantas con semejanzas morfológicas para evitar una variación significativa en los datos.

Tratamiento	Plantas		
Grupo Control			
Micorrizas 1g			
Micorrizas 0,5g			

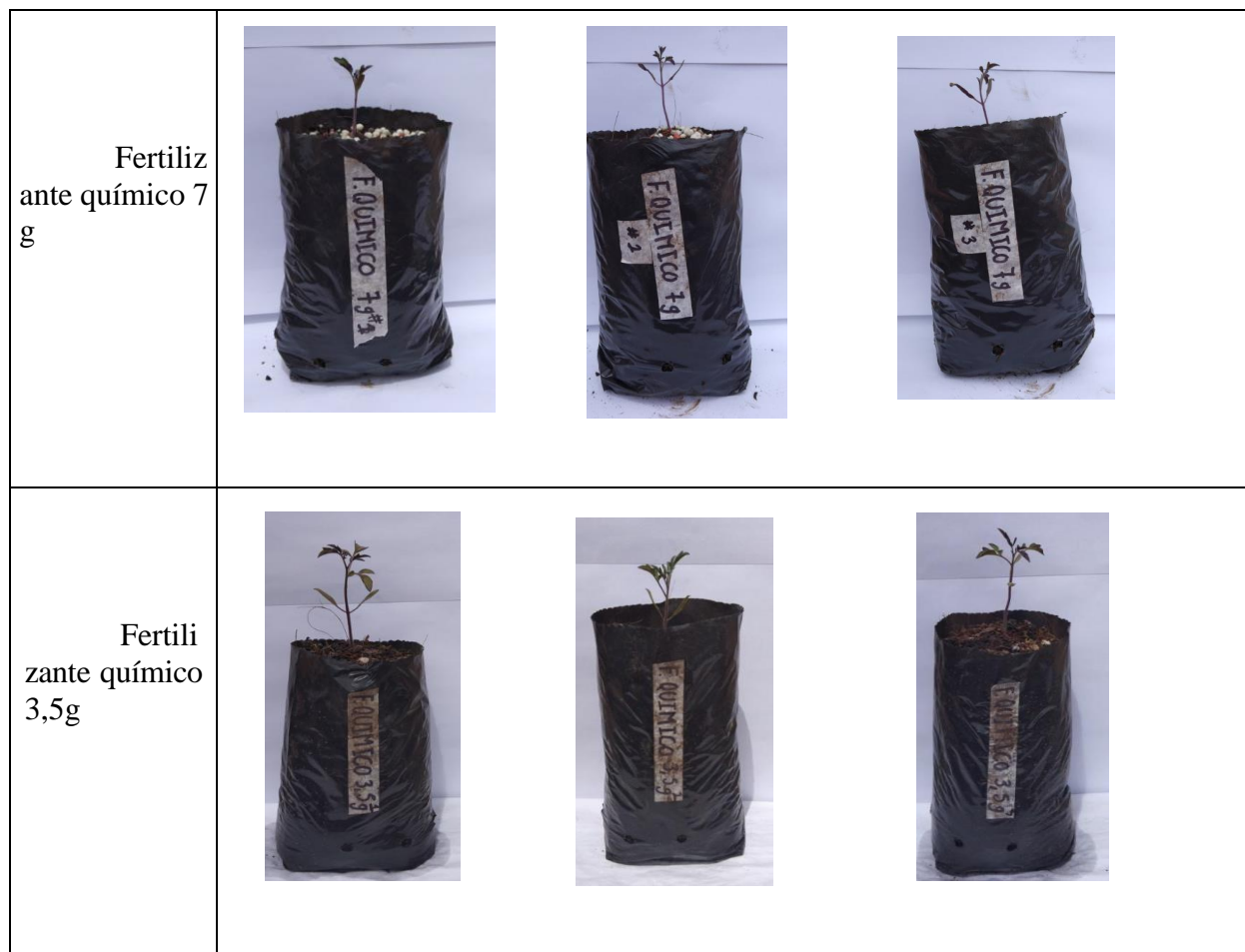


Figura 15. Plantas seleccionadas para el bioensayo. Fotografías tomadas por Autora.

Dentro de los objetivos de este Trabajo de Grado se plantea evaluar la incidencia de los fertilizantes químicos y biológicos en *Lycopersicon esculentum* o tomate Santa Clara, por ello es de importancia demostrar (de una manera simple) que la manipulación de una variable (tipo de fertilizante) produce un cambio en los organismos a observar, por ello se asigna una denominación (etiquetas de identificación) a un grupo experimental el cual tolerará cambios o alteraciones intencionales, grupo a analizar; y con ello se establece el grupo control con el fin de conocer la factibilidad del bioensayo al conservar las condiciones “normales” de desarrollo del organismos. Conociendo así los valores entre los diferentes tratamientos.

Partiendo de lo anterior, como lo mencionan Montoya, Sánchez y Torres (2011), el objetivo de un bioensayo es el de obtener información acerca del fenómeno estudiado, de manera veraz, clara y suficiente. Considerando que el ensayo sea en lo posible sencillo evitando errores, al

planear con antelación un adecuado diseño. Con ello se hace referencia al uso de dicho planteamiento para evidenciar los cambios consecutivos entre individuos por triplicado.

8.1.1 Fertilizante químicos

La aplicación del fertilizante químico FORZA Triple 15+MgO fue en primer lugar pesado en dos concentraciones, una de 7 g y en 3,5 g, empleando una gramera electrónica de precisión (Ver figura 16).



Figura 16. Peso del fertilizante químico granulado FORZA aplicado a las plantas de estudio. Fotografías tomadas por Autora.

A continuación, se procedió a aplicar el fertilizante sobre el sustrato de las plantas correspondientes a los dos tipos de fertilizantes.



Figura 17. Aplicación del fertilizante químico granulado FORZA en 7 g y 3,5 g respectivamente. Fotografías tomadas por Autora.

8.1.2 Biofertilizantes

Al igual, el fertilizante Biológico micorriza do SAFER fue pesado en concentraciones de 1g y 0,5 g. Dando uso de la gramera electrónica de precisión (Ver figura 18). El cual después fue adicionado directamente sobre el sustrato donde se realizaría el primer trasplante de las plantas, para ello se realizó un hoyo en el fondo del sustrato y se esparció el sustrato SAFER.



Figura 18. A) Peso del fertilizante biológico SAFER en concentraciones de 1g y 0,5g. B). aplicación del fertilizante sobre el sustrato de la planta trasplanta. Fotografías tomadas por Autora.

Dentro de la gran variedad de fertilizantes de tipo químico y biológico las respuestas de los rendimientos en un suelo en particular pueden ser fácilmente analizada agregando diferentes cantidades de fertilizantes en el sustrato aledaño al cultivo, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente (FAO, I., & IFA, 2002).

Cada cultivo necesita cantidades específicas de nutrientes o de fertilizantes, es necesario de aplicar un cálculo en relación con el tamaño de la materia para el caso de los Fertilizante Químico a aplicar, y para el caso de los Fertilizantes Biológicos se tiene que tener en cuenta el desarrollo o tamaño de la planta al aéreo para estimar la cantidad de fertilizante a aplicar. Esto se tiene en consideración ya que, en el mercado, los productos de este tipo se encuentran con recomendación de dosificación dando ejemplos y sugerencias sobre su aplicación.

Por otro lado, un factor para tener en cuenta en relación con la cantidad y la regulación de los fertilizantes es la variedad del cultivo, la fecha de siembra, las condiciones del suelo y del tiempo. Factores precisos que son fundamentales en un manejo de cultivo, más cuando el cultivador es el encargado de escoger la cantidad y tiempo oportuno de aplicación de fertilizantes, teniendo en cuenta la necesidad y requerimiento de plantas en materia de nutrientes. Es de importancia, ya que los nutrientes móviles como el nitrógeno suelen presentar una fácil lixiviación con el tipo de suelo, no es adecuado aplicarlo en temporadas de lluvia ya que serán de difícil retención y posterior absorción por parte de la raíz.

8.2 Comparación experimental

Se sistematizó la información recolectada utilizando el programa de Excel. Primero se nombre el tratamiento, el crecimiento vertical en centímetros, número de hojas, coloración de planta, cantidad de flores distribuida por racimos, número de frutos por racimos, descripción general de la planta, y por último fotografías (Ver Figura 19).

Fecha	Código de sistema	crecimiento vertical	N° de hojas	Coloración	N° de flores	N° de frutos	observaciones	Fotografías
	P. c01	91 cm	7 hojas marchitamiento 6 completas y 5 en desarrollo.	verde claro parte de arriba-amarillo en la parte inferior	1. racimo con 4 capullos sin señales de fructificación 2R: con 2 capullos imbricados de fructificación 3R: 67 capullos con señales de fecundación, por lo tanto se enrollan los pétalos 4R: 6 capullos en desarrollo 5R: en desarrollo.	1°R: 2 frutos en crecimiento. 2°R: 3 frutos en crecimiento.	presenta un buen crecimiento vertical, las hojas inferiores presentan marchitamiento crítico y presenta 5 vástagos inferiores con floración. Las hojas son medianas y con folíolos completos, presentan delgadas. Buen número de flores y crecimiento medio de frutos por racimos.	

Figura 19. Resultados de la sistematización del seguimiento comparativo de las plantas en estudio.

8.2.1 Crecimiento vertical

La medición vertical del tallo de las plantas de estudio se realizó desde el cuello de la planta (parte terminal del tallo-parte inicio de la raíz) hasta la base de la yema germinal. El análisis de datos se hizo por triplicado. Para ello se realizaron tablas de datos y promedio los datos por cada tratamiento aplicado a las plantas, incluyendo el grupo control. Después se tomaron los promedios, estos se utilizaron para elaborar gráficas que permitiera comparar y analizar por tratamiento (Ver tabla 2).

Tabla 2. Datos promedio del crecimiento vertical en centímetros por tratamiento n=3. Elaborado por autora.

Nº de semanas/Promedio	Control	F. Q 7 g	F. Q 3,5 g	M 1 g	M 0,5 g
Semana 1	9,4	3,2	4,7	5,6	7,9
Semana 2	13,2	0,0	5,4	7,6	9,4
Semana 3	20,2		3,7	11,3	13,3
Semana 4	27,4		7,3	13,7	16,9
Semana 5	36,1		10,8	15,5	23
Semana 6	42,7		7,8	13,2	25,5
Semana 7	50,5		17	22,8	28,5
Semana 8	61		21	28	37,1
Semana 9	73		33	38,2	51,5
Semana 10	80,8		41	45,8	63,8
Semana 11	85,8		50	55,3	74,2
Semana 12	93,3		57	63,8	81,3
Semana 13	101		78,5	75,3	96,7
Semana 14	107,2		81,5	81	105,2

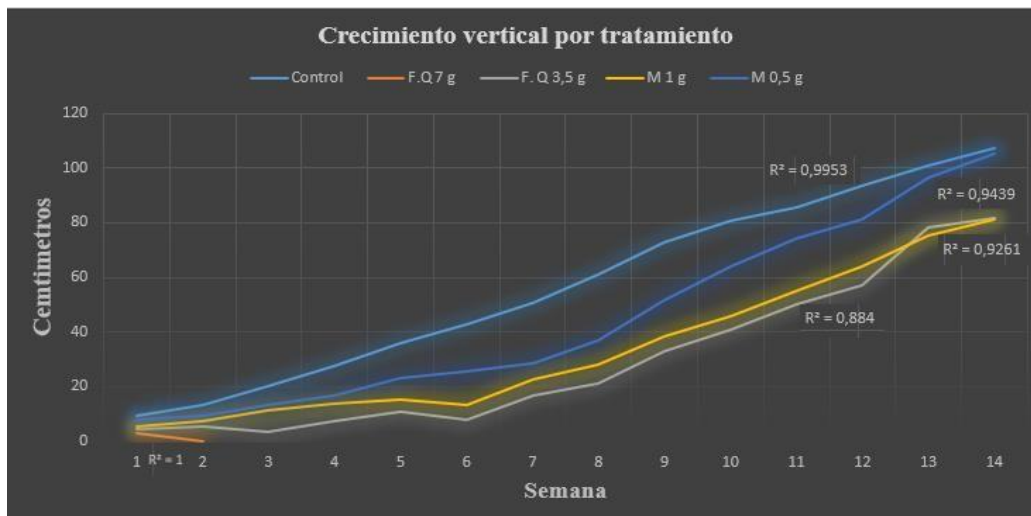


Figura 20. Comparativo de crecimiento vertical entre las plantas con diferentes tratamientos n=3. Donde se puede ver el R² o grado de fiabilidad para predicciones futuras, las cuales están muy cercas a 1,0. Elaborado por autora.

Se evidencia una muerte prematura por parte de las plantas con tratamiento de Fertilizante Químico (F.Q), el total de las plantas (n=3) con tratamiento F.Q 7 g y dos de las plantas con el tratamiento F.Q 3,5. Por ende el resto de los seguimientos con este tipo de tratamiento se centró en la planta F.Q 3,5 g número 2. En cuanto a esa planta, se evidencia un lento crecimiento, en relación con el grupo control. Por otro lado, se analiza que después de la semana 6, donde se realizó el trasplante a maceta definitiva de la planta, esta presenta valores exponenciales de creciente vertical y presenta escaladas de creciente cuando se le aplica abono orgánico al sustrato, esto durante la semana 9 (Ver Figura 20). Con ello se puede analizar que algunos microelementos

pueden ser tóxicos para las plantas a niveles algo más elevados que lo normal. La toxicidad del aluminio y del manganeso, este último elemento presenta el fertilizante químico FORZA, es la más frecuente en relación directa con suelos ácidos, por ello se considera que la muerte prematura de los ejemplares con una dosis de 7 g de este fertilizante, sufrieron una intoxicación por exceso de elementos en el sustrato, y no se recomienda el uso de esta cantidad de fertilizantes en etapas tempranas de desarrollo de plantas.

En relación con las plantas expuestas a los tratamientos con fertilizantes biológico micorrizado, ahora relacionadas con la letra (M) y su concentración en gramos, se evidencia que el tratamiento M 1g presenta un bajo crecimiento vertical en relación con el grupo control, ya que en este grupo se tuvo la muerte de un ejemplar a la semana 4. De igual manera se anota que las plantas seleccionadas para este grupo presentaban una baja tasa de crecimiento en relación con el tiempo de germinación transcurrido lo que generó un desarrollo radicular pequeño. Con el exceso de la planta M 1g número 1, la cual presentó estancamiento en su crecimiento, las otras dos plantas de este grupo mejoraron significativamente (Ver Figura 20) con el transcurso del tiempo una vez aplicado el tratamiento de biofertilizante, esta fue identificada por el cambio en su apariencia, donde las hojas toman un color verde intenso con crecimiento vertical constante y engrosamiento de tallo (Ver figura 21).



	Planta control	Planta M 1g número 2
Semana 1		



Figura 21. Comparativo entre planta control y planta con el tratamiento de M1g. Nótese que al inicio la planta control presenta un fenotipo más vigoroso, mientras que la planta con tratamiento presenta pocas hojas y tamaño. Al transcurso de las semanas se mejora considerablemente la apariencia de la planta con tratamiento. Elaborado por autora.

De acuerdo con los resultados anteriores, es preciso anotar que la muerte prematura de las plantas o “estancamiento” se puede asociar, en un primer lugar, con la primera etapa de trasplante, al realizar esta primera etapa, se seleccionaron plantas con tamaños pequeños en relación con el tiempo de germinación transcurrido, esto puede estar asociado a las condiciones intermitentes en el cambio de temperatura que se presentó en el mes de mayo, donde se presentaban lloviznas repentinas y estaciones de calor, lo que generó un desequilibrio en los porcentajes de humedad diario del sustrato generando un estrés hídrico.

Como lo menciona Moreno (2009), una de las principales respuestas al estrés hídrico “es la modificación de la expresión génica, relacionada con la producción de enzimas clave en la vía de síntesis de osmolitos, proteínas con función protectora, enzimas antioxidantes, factores de transcripción y otras 180 proteínas relacionadas en las respuestas al estrés hídrico” (p.179), todo ello se ve reflejado en la decadencia de la planta, pérdida de vitalidad, lento desarrollo y muerte prematura, suceso evidenciable en las plantas de M 1g número 1 y F.Q 7 g número 1-2-3.

Por otro lado, como se puede ver en la Figura 21, las plantas con tratamiento de fertilizante biológico 0,5 g presentan una recuperación significativa en su tamaño, después de presentar un fenotipo pequeño en las primeras semanas de desarrollo en comparación con las plantas control.

Este incremento esta relación con el trasplante a un maceta con mayor capacidad, con sustrato rico en compost y la adición de abono orgánico, lo que indica que la simbiosis de las micorrizas género una asimilación de los nutrientes añadidos y presentes en el sustrato permitiendo un aprovechamiento mayor para la planta, reflejando en un incremento en altura y en el tamaño foliar de la planta.

También se empieza a ver un desaceleramiento en el crecimiento de las plantas control, al crecer en promedio, las últimas dos semanas, 6 cm, mientras que las plantas con tratamiento de 0,5 g de fertilizante biológico presentaron en promedio 8,9 cm. Lo que indica que las plantas con este último tratamiento seguirán creciendo hasta sobre pasar a las plantas control las cuales ya presentaban números muy cercanos y pequeños de crecimiento, después de tener valores de crecimiento entre 8 y 9 centímetros en semanas anteriores.

Retomando a Mujica, Noval y Amico (2010), el efecto de la micorrización sobre la altura de las plantas se demostró en investigaciones precedentes, al inocular dos especies de Hongos formadores de micorrizas (*Glomus mossae* y *Glomus hoi-like*) en los cultivos de tomate y cebolla, donde se encontró que los tratamientos inoculados superaron al testigo para las variables de altura de la planta y longitud radical.

8.2.2 Desarrollo de racimos de flores

La medición del desarrollo de los racimos de flores en cada planta se realizó por medio de la observación. Una vez que salieron los primeros botones de capullos en la base de la planta, se realizaban las anotaciones correspondientes a la semana de medición y se estimaba el número de capullos presente por racimos, y luego se contaban. Los resultados se representan por el promedio de racimos por tratamiento, los cuales se analizaron en una gráfica (Ver figura 22).

Tabla 3 Datos promedio del desarrollo de racimos de flores por tratamiento n=3. Elaborado por autora.

	Control	F. Q 7 g	F.Q 3,5 g	M 1 g	M 0,5 g
Semana 1	0,0	0	0	0	0
Semana 2	0,0	0	0	0	0
Semana 3	0,0	0	0	0	0
Semana 4	1,0	0	0	0	0
Semana 5	1,3	0	0	0	0
Semana 6	2,0	0	0	0,3	0
Semana 7	2,7	0	0	0,3	0,7
Semana 8	3,0	0	0	0,7	1
Semana 9	3,3	0	0,3	1,3	2
Semana 10	4,3	0	0,3	1,7	2,7
Semana 11	4,7	0	0,7	2	3
Semana 12	5,0	0	1	2,3	4
Semana 13	6,0	0	1,3	3	5
Semana 14	6,0	0	1,7	4	5

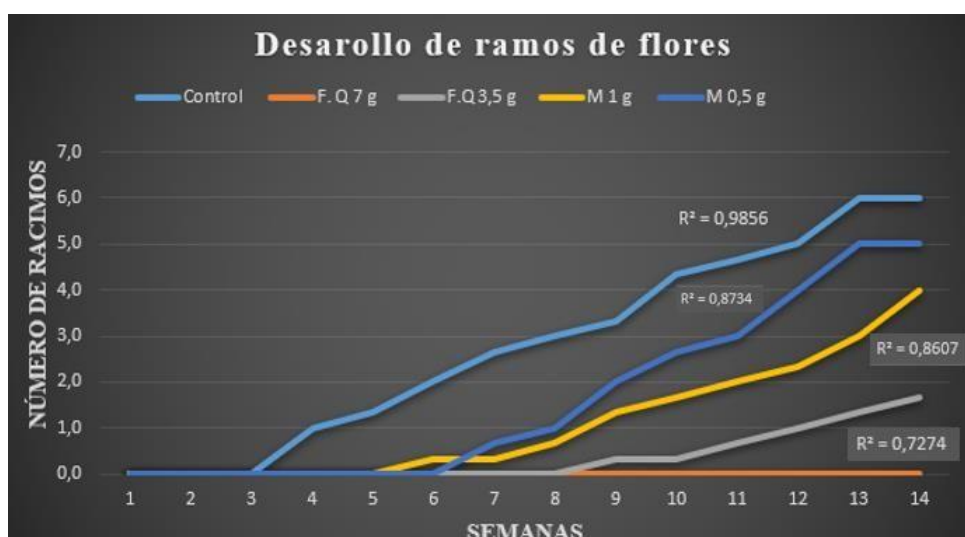


Figura 22. Comparativo del desarrollo de racimos de flores entre las plantas con diferentes tratamientos n=3. Donde se puede ver el R^2 las son superiores al 0,70 indicando un grado de fiabilidad confiable para proyecciones futuras. Elaborado por autora.

En relación con los datos obtenidos, se evidencia que el desarrollo de flores para las plantas con el tratamiento de fertilizante químico actuó de manera lenta hasta la semana 9 (Ver figura 23), en relación con el tratamiento de fertilizante biológico que por el contrario presentó desarrollo de flores en las semanas 5 y 6, y las plantas control, en la semana 3. Esto se debe en primer lugar, a la deficiencia temprana de nutrientes y espacios para su crecimiento, el cual produjo un lento crecimiento en la única planta sobreviviente de este tipo de tratamiento; en segundo lugar, se relaciona con la dificultad de la asimilación de nutrientes de origen químico, ya que el

desarrollo de estos frutos se relaciona con la aplicación de abono orgánico (té de cáscara de banano y materia orgánica - compost) el cual adiciona potasio al sustrato para el desarrollo de hojas y frutos. Esta aplicación de estos abonos, también se ve en el desarrollo de los racimos de las plantas con tratamiento de micorrizas, ya que durante las dos semanas anteriores solamente se produjo el desarrollo de un racimo por semana y con este abono el desarrollo de los racimos fue mayor.

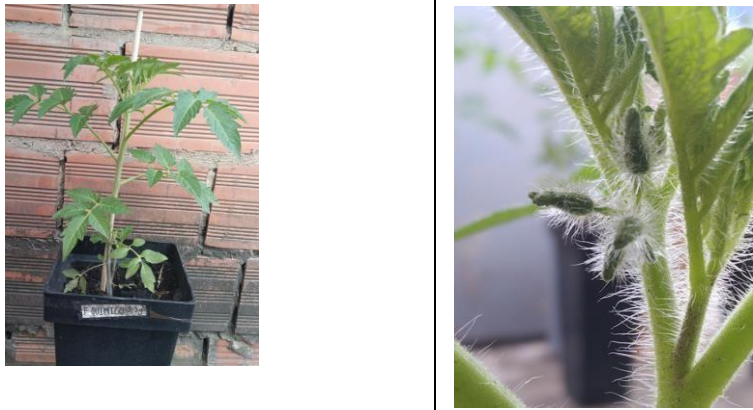





Planta #2 con 3.5 g de Fertilizante químico	
<p>Semana 9 Presencia de un racimo de flor.</p>	
<p>Semana 10 Desarrollo de dos racimos de flor.</p>	

Figura 23. Planta con tratamiento de Fertilizante Químico, donde se evidencia un desarrollo significativo de los racimos de flor después de la aplicación de abono compostado y preparado líquido de cascara de banano. Elaborado por autora.

En relación con las plantas del tratamiento con micorrizas, se evidencia un desarrollo significativo en el número de racimos en crecimiento en relación con las plantas control (Ver figura 24). Ya que, si bien las plantas con este tratamiento desarrollaron sus primeros racimos desde la semana 5 y 6, dos semanas después que las plantas control, dos plantas del tratamiento de 1 g de micorrizas alcanzaron a igualar el número de racimos de las plantas control, es decir un total de 6 racimos por planta, 2 plantas con el fertilizante biológico (micorriza) de 0,5 g y 1 g, desarrollaron 5 frutos la última semana de medición. Lo que indica que los valores en desarrollo de racimos resultaron más provechosos para las plantas con estos tratamientos, en relación con el tiempo de desarrollo de los frutos, al estar expuestas a la aplicación de materia orgánica - compost, que le proporcionó al sustrato nutrientes libres de fácil absorción para las micorrizas.

Semana 7		Semana 8	
Semana 9		Semana 10	





<p>Semana 11</p>			
<p>Semana12</p>			
<p>Semana 13</p>		<p>Semana 14</p>	

Figura 24. Desarrollo del racimo de flores y frutos de la planta # 2 del tratamiento de 0,5 g de micorrizas. Elaborado por autora

Un aspecto a analizar en el desarrollo de racimos en las plantas es la relación número de capullos de flor por cada racimos (capullos/racimos). Ya que se evidenció que varios capullos presentaban enanismo o morían antes de terminar el ciclo de producción de frutos. Se encontró en la semana 14 en promedio se desarrollaron 6,4 capullos por racimos en las plantas con tratamiento de 0,5 g de micorrizas, en comparación las plantas control con 5,4 capullos/racimos, y 5,5 capullos/racimos en las plantas con el tratamiento de 1 g de micorrizas. Y en relación con el total de la muestra se evidencia que los tratamientos con micorrizas proporcionan una mayor viabilidad al desarrollo de los capullos al ser comparados con la muestra control (Ver figura 25).

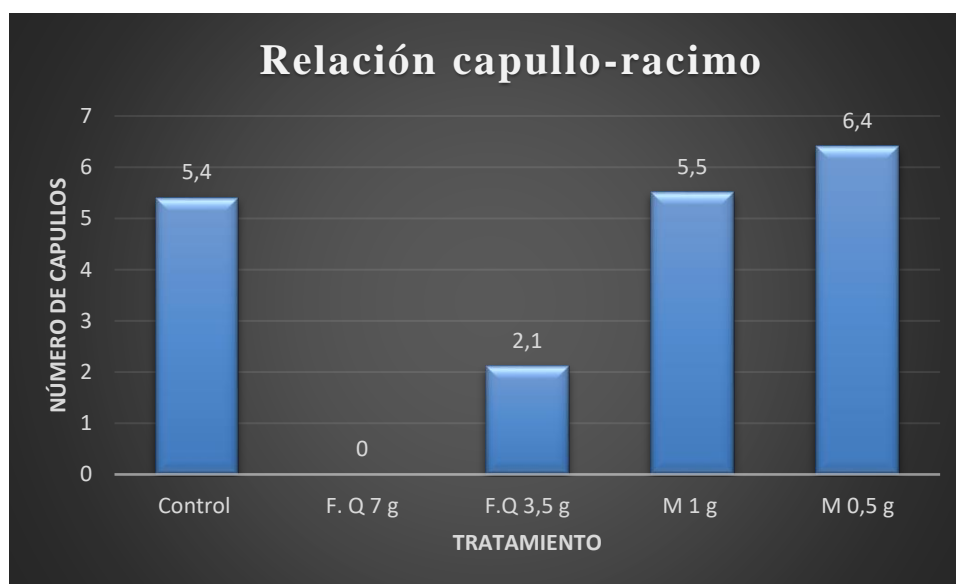


Figura 25. Efectos de la fertilización e inoculación de micorrizas en el desarrollo promedio de capullos por racimo en relación con el tratamiento n=3. Elaborado por autora.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expresado por Rodríguez (2009), el cual manifiesta que el mejor tratamiento para la producción y rendimiento de la fase de floración y fructificación están asociado a la inoculación de Hongos Formadores de Micorrizas junto con la adición de materia orgánica y fertilizante químico. Considerando que las micorrizas mejoran la absorción de los micronutrientes esenciales para la formación de frutos y el desarrollo general de la planta debido a la posibilidad de aumentar el volumen de suelo explorado por los micelios del hongo.







<p>Planta control#1 Con 5 capullos</p>		<p>Planta control#2 Con 6 capullos</p>	
<p>Planta control#3 Con 3 capullos</p>		<p>Micorriza 1g # 2 Con 7 capullos</p>	
<p>Micorriza 0,5 #1 Con 7 capullos</p>		<p>Micorriza 0,5 # 3 Con 8 capullos</p>	

Figura 26. Ejemplos del desarrollo de capullos entre los diferentes tratamientos y plantas. Nótese que las plantas con tratamiento de micorrizas presentan algunos racimos con incluso 8 capullos mientras que las plantas control en algunas ocupaciones solo desarrollaron 3 capullos o perder dieron los capullos prematuramente. Por otro lado, la planta con el tratamiento de fertilizante químico desarrollo 6 capullos con normalidad. Elaborado por Autora.

Otro factor a relacionar con el desarrollo de los capullos es el desarrollo de los frutos. Se evidencia que las plantas con tratamiento de micorrizas superan a las plantas control en el desarrollo y maduración de frutos (Ver figura 27). Las mayorías de las flores en las plantas con tratamiento de fertilizante biológico presentaba desarrollo de fruto, mientras que en las plantas control, varias flores no desarrollaron un fruto en el cual se evidencia un crecimiento y maduración, por el contrario, otros presentaban un tamaño reducido (Ver figura 28). Si bien la planta con el tratamiento de fertilizante químico presenta poca fructificación a la semana 14, esto se relaciona con el desarrollo tardío de toda la planta en general.

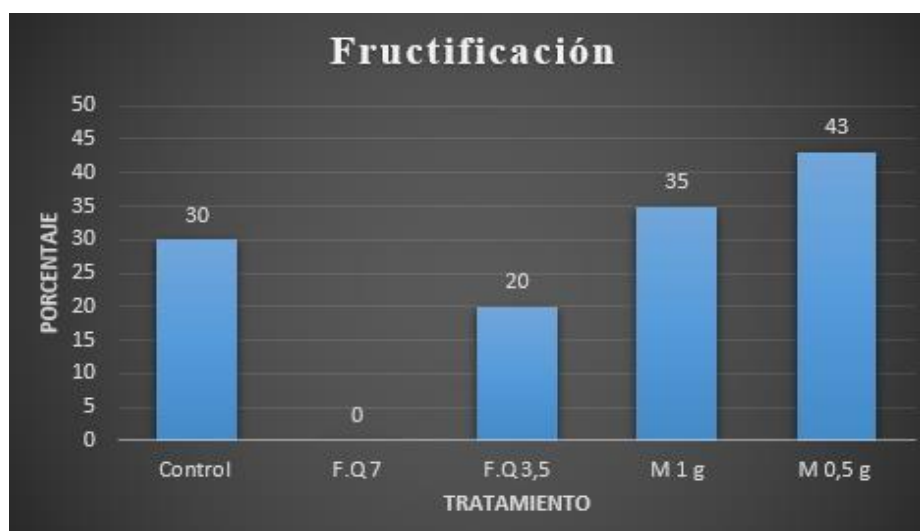


Figura 27. Porcentaje de fructificación por tratamiento n=3. Elaborado por autora.

La eficiencia en el desarrollo de frutos de las plantas con el tratamiento biológico se relaciona con la efectiva asimilación de nutrientes esenciales para el desarrollo y maduración de los frutos por parte de las micorrizas al suministrar regularmente abonos orgánicos con dichos nutrientes. Lo que indica la necesidad de proporcionar al sustrato periódicamente abonos orgánicos, preferiblemente, que complemente la fertilización biológica del cultivo para incentivar el metabolismo de absorción por parte de los hongos formadores de micorrizas y obtener tasas de desarrollo y crecimiento significativos en los cultivos de estudios.

Lo anterior se contrasta con los resultados de Alvarado, Díaz y Peña de Rúa (2014) los cuales mencionan que la inoculación del hongo micorrízico *Rhizophagus intraradicesa* en plantas

de tomate fue capaz de promover una mejor calidad del fruto, aumentó los valores de longitud, diámetro y peso de fruto, comparado con plantas no inoculadas. Lo anterior se manifestó con un incremento de 30% en la producción acumulada de fruto.





<p>Planta control 1</p>		<p>Planta control 2</p>	
<p>Fertilizante químico 3,5 g</p>		<p>Micorrizas 0,5 g planta # 3</p>	

Figura 28. Algunos ejemplos de desarrollo de frutos entre los diferentes tratamientos y plantas. Nótese que en las plantas con tratamiento de micorrizas de desarrollan mayor número de frutos en relación con el número de capullos y flores. Mientras que algunos racimos de las plantas control pierden capullos o desarrollan solo algunos frutos; o por otro lado muchos capullos presentan un “estancamiento” en su desarrollo y se quedan como pequeños frutos amorfos. Elaborado por Autora.

8.2.3 Peso fresco aéreo en *Lycopersicum esculentum*

El reconocimiento de los valores de la Biomasa de la parte aérea o follaje de las plantas analizadas en este Trabajo de Grado se realizó por medio del pesaje de esta área de la planta. Se encontró que las plantas inoculadas con concentraciones de fertilizante biológico de origen micorrícico presentan un follaje superior en comparación con las plantas control, y la planta expuesta al tratamiento con fertilizante químico se encuentra muy cerca a los valores de biomasa

de las plantas de fertilizante químico. (Ver figura 29).



Figura 29. Peso fresco promedio de la parte aérea o foliar de las plantas por tratamiento n=3. Elaborado por autora.

Se analiza que las tres plantas con tratamiento de Micorriza 0,5 g, presentan valores superiores a los 200 g cuyo representante principal es la Planta #3 con un peso total de 274,8 g el mayor de los pesos entre todas las plantas (Ver figura 30). Se considera que en este grupo de plantas la fertilización con micorrizas les permitió una mejor asimilación de los nutrientes disponibles que le proporciono a las plantas un tallo de mayor grosor, el desarrollo de yemas axiales (brotes de ramas paralelos al tallo principal) de gran tamaño, los cuales a su vez desarrollaron sus propios juegos de hojas y vástagos. Otorgándole a estas plantas un carácter arbustivo.

Por otro lado, si bien las plantas con el tratamiento de Micorrizas 1g no presentan valores cercanos o significativas a sus homologas con la anterior concentración de micorrizas, estas si presentan mejores valores que las plantas control, con un peso de 175,5 g para la planta con mayor peso aéreo (Ver figura 30). Estos valores inferiores se relación con la presencia de un patógeno fúngico en las hojas de las dos plantas con este tratamiento, el cual marchitaba aceleradamente las hojas. Generando una perdida temprana de follaje que afecto los valores de peso fresco final.

<p>Planta control #1</p>		<p>Micorriza 0,5g #3</p>	
<p>Fertilizante químico 3,5g #2</p>		<p>Micorriza 1g #3</p>	

Figura 30. Peso fresco de algunas plantas por tratamiento. Elaborado por autora.

En relación con el tratamiento de Fertilizante Químico 3,5 g, la planta presentó un valor significativo en su peso con 238 g (Ve figura 30). Este peso está relacionado con la efectividad del uso de fertilizante químico + abonos orgánicos que le proporción a la planta la presencia constante de micronutrientes esenciales para su desarrollo. Esta planta presentaba un carácter arbustivo donde era evidente el desarrollo constante de yemas axiales de rápido crecimiento, pero una altura

considerada baja. Esto indica que la planta asimiló de manera constante nitrógeno para la formación de nuevas hojas que le confirió un peso fresco significativo.

Con los datos obtenidos anteriormente se contrasta con lo expuesto por Méndez, Esquivel y Ochoa (2021), los cuales mencionan que el grado de colonización de micorrizas puede depender de diversos factores tales como la humedad, temperatura, el pH del suelo, especie de micorriza y la planta hospedera, generando una variación en el crecimiento de la planta. Además, se determina que cuando se fertiliza con hongos formadores de micorrizas y se aplican productos biológicos, se favoreció significativamente la producción de materia fresca área, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y peso total por planta.

8.2.4 Área de absorción de las raíces de *Lycopersicum esculentum*

Se tuvo en cuenta un comparativo cualitativo para evidenciar el desarrollo radicular en las plantas expuestas a los diferentes tratamientos. En un principio se pudo observar la raíz de las plantas tras realizar el primer trasplante a maceta definitiva, en el cual se evidencia que las Plantas control desarrollaron una raíz ramificada con engrosamiento en la parte terminal del almacigo, con una coloración blanca y un promedio del 30% de desarrollo radicular por grupo de las tres plantas de este tratamiento (Ver figura 31). En contraste la planta con tratamiento de Fertilizante químico presentaba poco desarrollo radicular con poca ramificación y una coloración opaca; con un desarrollo radicular estimado en 5% (Ver figura 32). En relación con las plantas del tratamiento de Fertilizante biológico micorrízico 1 g, las raíces presentaban engrosamiento con coloración blanca intenso, pero con una ramificación media en comparación con las plantas control y con un desarrollo radicular promedio de 20%. (Ver figura 33). Las plantas con el tratamiento de Micorrizas 0,5 g no presentan un desarrollo significativo en la raíz, pero si hay presencia de raíces largas y con un grosor medio, representado un desarrollo radicular inferior al 20% en promedio (Ver figura 34).

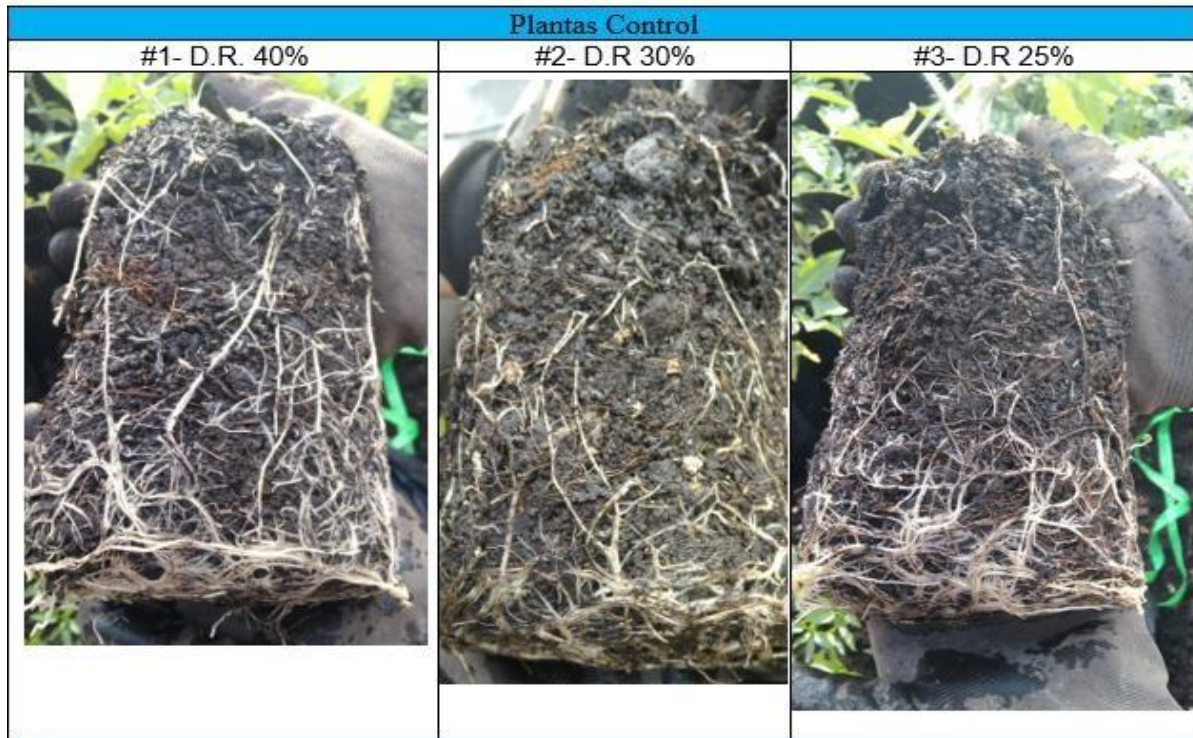


Figura 31. Desarrollo radicular en Plantas Control. Elaborado por autora.



Figura 32. Desarrollo radicular (D.R) con tratamiento de fertilizante químico. Elaborado por Autora.

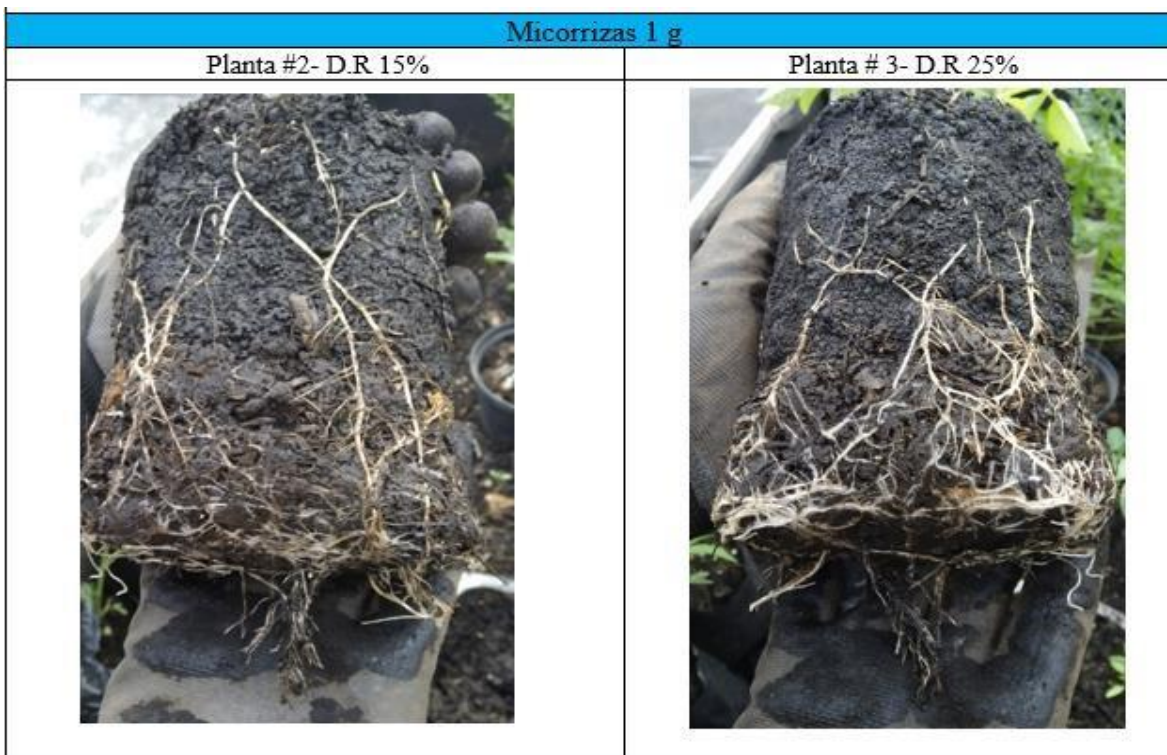


Figura 34. Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de fertilizante biológico 1 g. Elaborado por Autora.

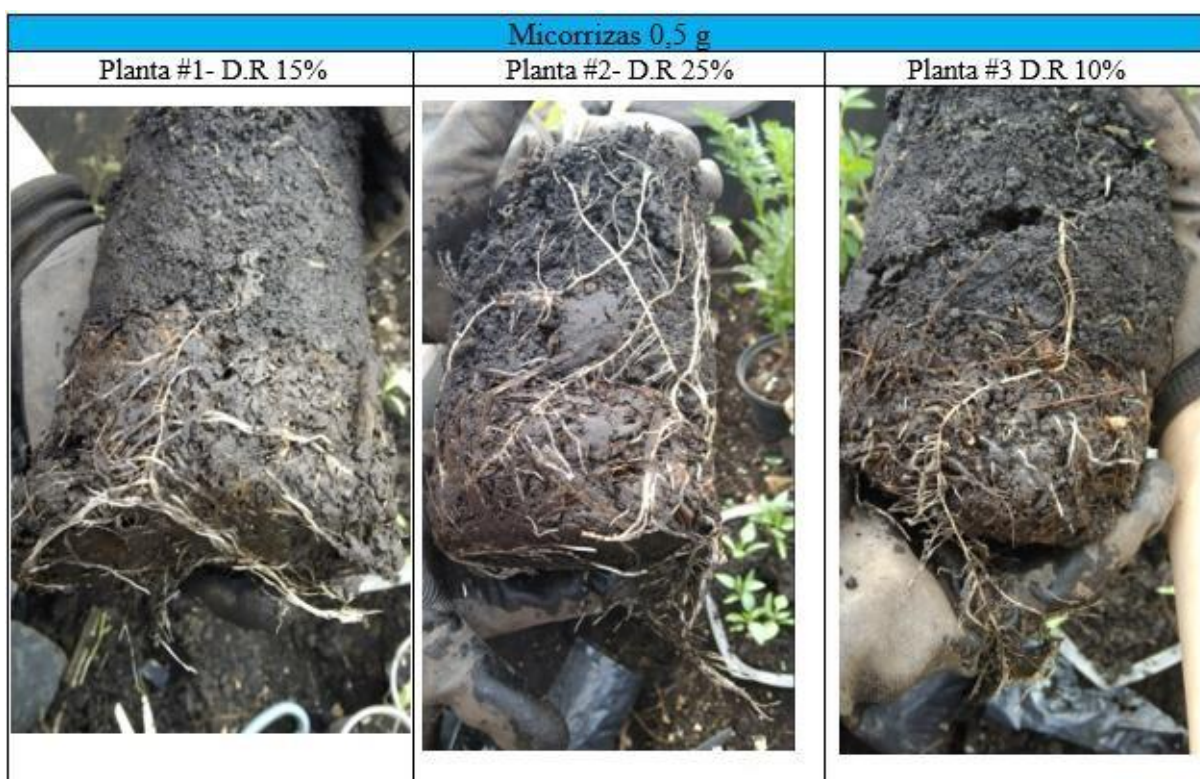


Figura 33. Desarrollo radicular en plantas con tratamiento de biofertilizante biológico 0,5 g. Elaborado por autora.

En un segundo lugar, se observaron el desarrollo radicular de las plantas, una vez terminado la fase metodológica de toma y registro de batos de crecimiento general de cada planta. Las plantas control presentan un buen sistema radicular. Compacto y fibroso; en cuanto a su coloración era evidente las raíces gruesas con tonalidades de blanco y una tonalidad más opaca de café, su desarrollo radicular promedio se estima en un 30% (Ver figura 35).

En relación con las plantas expuestas al tratamiento de fertilizante químico, el desarrollo radicular no presentaba una ramificación significativa, presenta poca raíz gruesa y en general sobresalía una coloración café opaca de las raíces más pequeñas, se estima que su desarrollo radicular promedio es de 30% (Ver figura 36). Se puede ver como muchas raíces se alojan en la parte final de la planta o final de la maceta; este comportamiento se relaciona con la necesidad que tuvo la planta para aprovechar los nutrientes. Al presentar una escases o difícil asimilación de los nutrientes, la raíz desarrollo un crecimiento vertical que le diera la oportunidad de asimilar un porcentaje significativo de nutrientes al final de la matera, donde la concentración de materia orgánica en proceso de compostaje y la liberación de nutrientes mayor.

El desarrollo de las plantas con el tratamiento de micorrizas, en las dos concentraciones es sobresaliente en comparación con los demás individuos de la muestra. La ratificación está ampliamente extendida y se evidencian raíces secundarias gruesas con una tonalidad blanca. Su crecimiento es mayoritariamente horizontal compactando el sustrato fuertemente; para el tratamiento de Micorrizas 1 g se estima un desarrollo radicular en 67.5% (Ver figura 37) y para el tratamiento de Micorrizas 0,5 g en 83.3% (Ver figura 38). El grado de ramificación se relaciona con la simbiosis de los hongos formadores de micorrizas. En referencia a esto se retoma a Alarcón y Ferrero (2003) los cuales afirman que la presencia de la simbiosis micorrícica favoreció la distribución homogénea del crecimiento de las plantas, tanto hacia la parte aérea, como hacia la raíz. Es decir, de cada gramo de materia seca producido por una planta inoculada, 500 mg se distribuyen tanto a la parte aérea, como al sistema radical; mientras que, en plantas no inoculadas, el crecimiento se da en mayor proporción hacia la parte aérea.

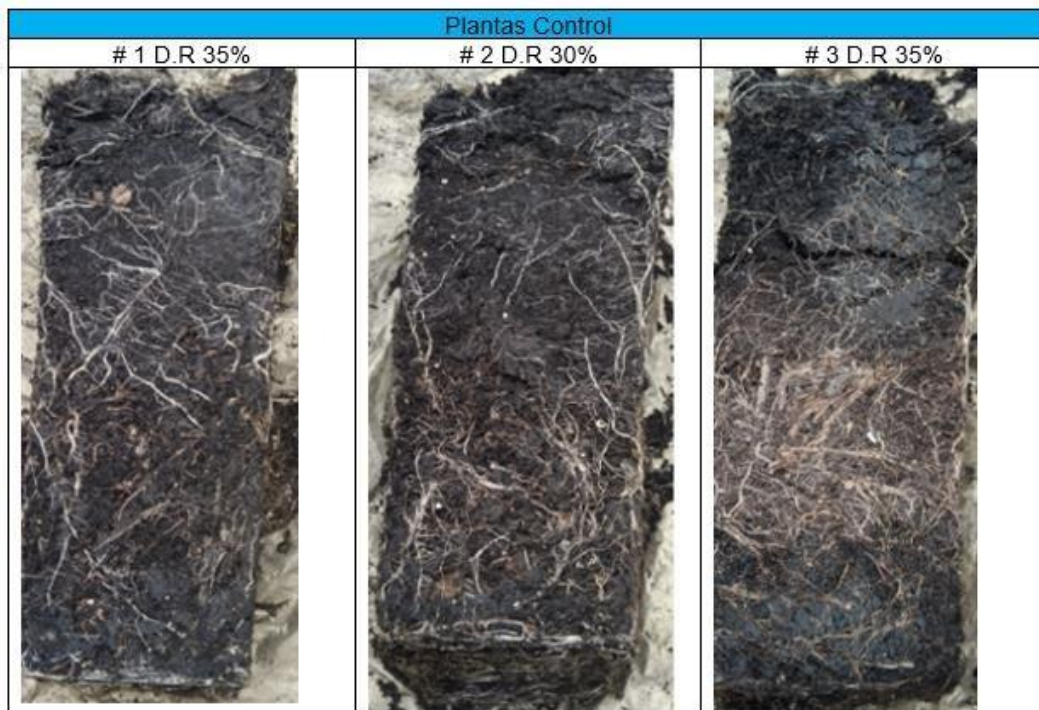


Figura 35 Desarrollo radicular (D.R) en plantas control a la semana 14. Elaborado por Autora.

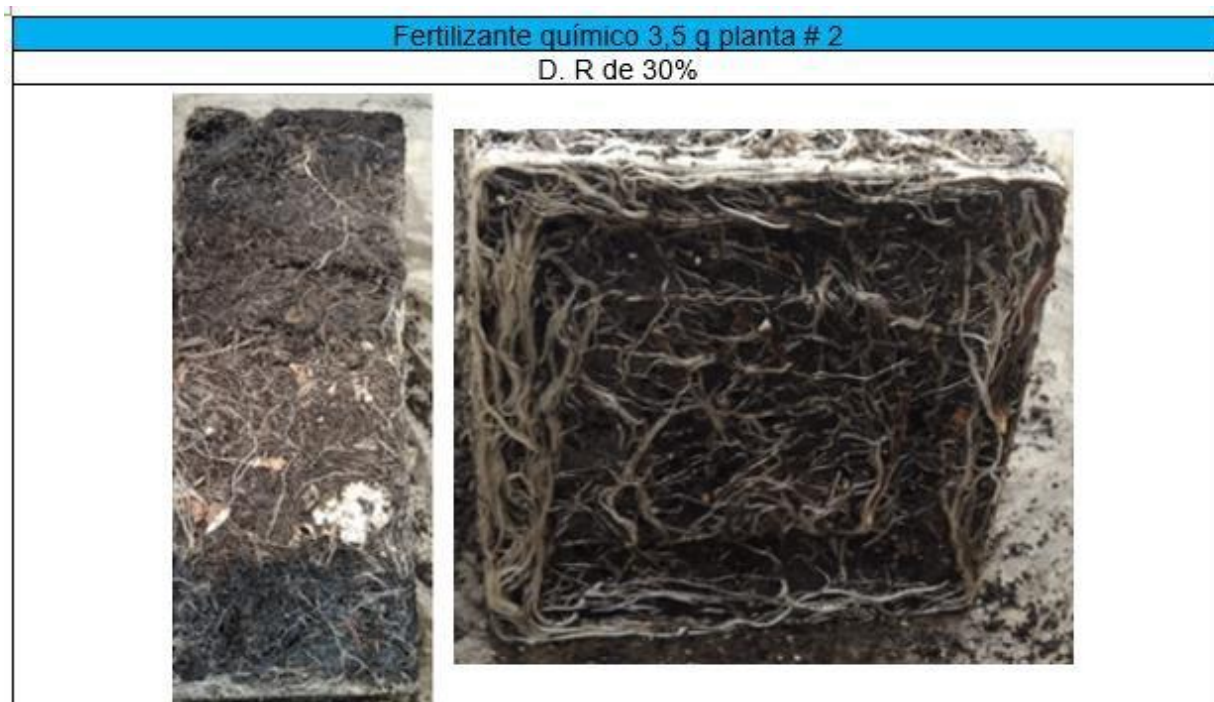


Figura 36 Desarrollo radicular (D.R) en plantas con tratamiento de fertilizante químico a la semana 14. Elaborado por Autora.

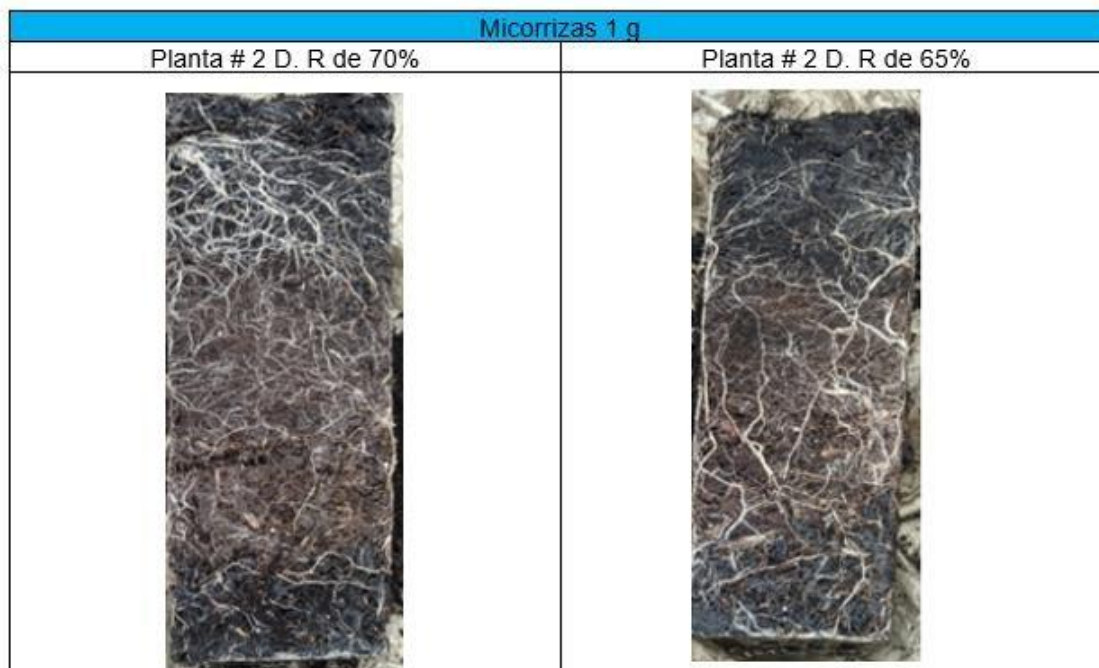


Figura 38. Desarrollo radicular (D.R) en plantas con tratamiento de fertilizante biológico 1 g a la semana 14.
Elaborado por Autora.

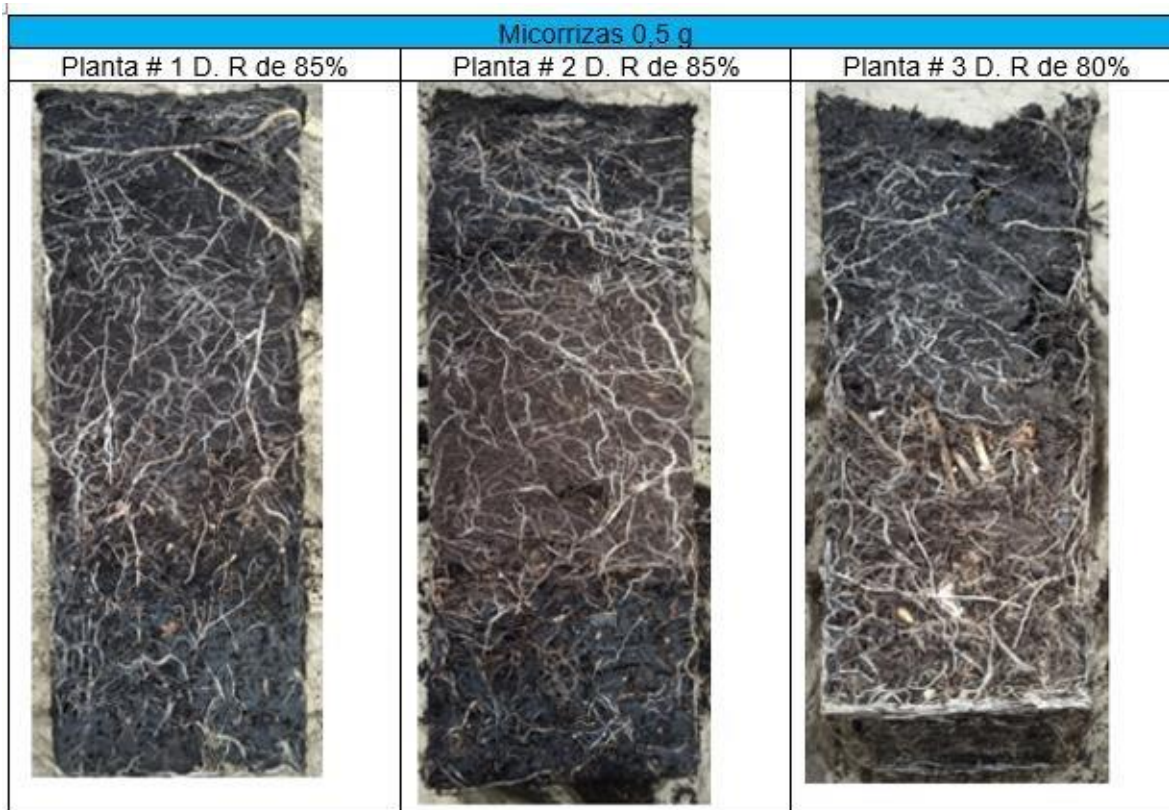


Figura 37. Desarrollo radicular (D.R) en plantas con tratamiento de fertilizante biológico 0,5 g a la semana 14.
Elaborado por Autora.

8.3 Prácticas de laboratorio

8.3.1 Observación de esporas

Con el fin de observar las características de las especies de micorrizas utilizadas como fertilizante biológico en este Trabajo de Grado, se realizó un laboratorio que diera cuenta de las estructuras de propagación de los hongos, las esporas. La observación de esporas se dio a partir de la metodología planteada por Valencia, H. (2010) el cual fue modificado para lograr resultados viables (Ver figura 39). Para ello se tomó una muestra de 20 g del producto Agrobiológico SAFER Micorrizas M.A., cuyas composición garantiza los géneros de *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Entrophospora* sp. y *Scutellospora* sp. La cual fue pasada por un proceso de tamizaje y centrifugado para separar las esporas del sustrato.





Laboratorio de observación de esporas de micorrizas			
<p>20 g de Agrobiológico SAFER Micorrizas</p>		<p>Homogenización de sustrato en 200 ml de agua destilada.</p>	
<p>Tamizaje del sustrato en tamices de 710 μ, 180 μ y 35 μ</p>		<p>Sustrato del último tamiz 35 μ.</p>	



Figura 39. Proceso de laboratorio para la observación de esporas de micorrizas. Elaborado por autora.

Como resultado se obtiene que al observar el sobrenadante la cantidad de esporas es poca, por ello se decidió observar el sustrato resultado del último tamiz de 35 μ . Si bien el Agrobiológico comprado para la inoculación de *Lycopersicum esculentum* o tomate Chonto aseguraba una concentración de 300 esporas por gramo de suelo, no se evidenciaron esporas por medio de este laboratorio, se considera que a utilizar tubos de centrifuga de 15 mL impedía la suspensión de una considerable cantidad de esporas.

Por otro lado, se tomó sustrato de *Lycopersicum esculentum* inoculado previamente con el Agrobiológico SAFER Micorrizas M.A para realizar una observación de posibles esporas en esta muestra. Se obtuvo como resultado el aislamiento de una espora de *Glomus sp.* (Ver figura 40), una espora de tonalidad clara, la cual no se logró aislar para su identificación (Ver figura 41), pero por su coloración se considera una espora del género *Scutellospora sp.*

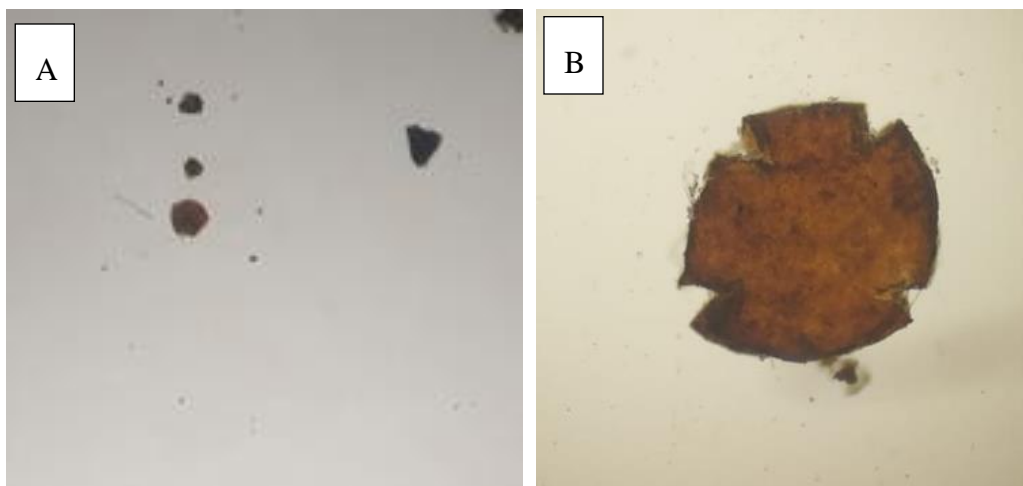


Figura 40. A). espora de micorriza observada a estereoscopio. B) espora de micorriza con rupturas en su estructura, se evidencia una lámina lisa en su pared con una tonalidad oscura y una coloración parda características del género *Glomus* sp. Elaborado por autora.



Figura 41. Espora de micorriza observada a estereoscopio. Se observa una estructura uniformemente circular con una tonalidad clara-banca semejante a una espora de *Scutellospora* sp. Elaborada por autora.

8.3.2 Colonización en raíz de *Lycopersicum esculentum*

Una vez terminado el proceso de seguimiento de desarrollo de *Lycopersicum esculentum* se tomó una muestra de raicillas de cada planta de todos los tratamientos y se realizó una práctica de laboratorio de tinción de raicillas con el protocolo planteado por Phillips y Hayman (1970) (Ver figura 42). Si bien no se llegó a observar los arbuscular dentro de las raíces, se obtuvieron resultados que daban cuenta de la presencia de micorrizas por medio de la identificación de hijas alrededor de la raíz.

Laboratorio de tinción de raíces

Selección de raíces para aclarado



Raíces en 5ml de hidróxido de Potasio



Calentar por 15 minutos a 70°r



Raíces en 5ml de Ácido clorhídrico



Calentar por 15 minutos a 70°



Raíces en 5ml de azul de metileno



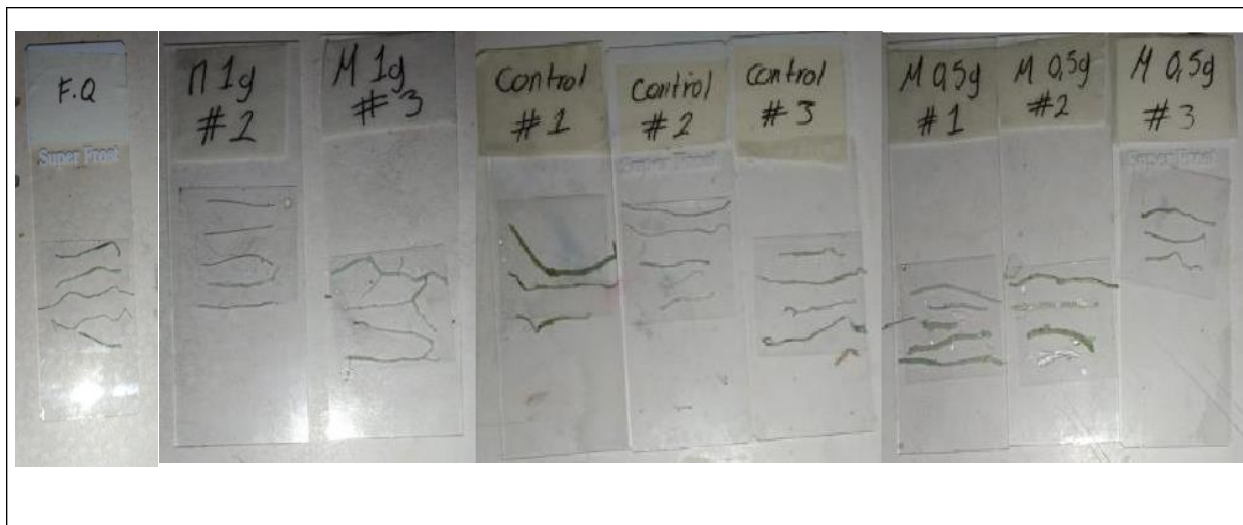


Figura 42. Laboratorio de aclarado y tinción de raíces de todas las plantas Elaborada por autora.

En total se realizó un montaje de 9 láminas, cada una con 4 a 5 raicillas. En primer lugar, la muestra de raíces de las plantas con el tratamiento de Micorrizas presentaba desarrollo de hifas paralelas a las raíces, variaba la cantidad de hifas presente en cada muestra (Ver figura 47, 48, 49 y 50). En Segundo lugar, como se esperaba, las plantas con tratamiento de fertilizante químico y las plantas control no presentan señales de colonización, con la excepción de la planta control # 3 en la cual se identificó la presencia de una espora en germinación temprana (Ver figura 45). Lo que indica la eficiencia de las micorrizas para la colonización de nuevas plantas por cuenta de los factores ambientales favorables para su dispersión.

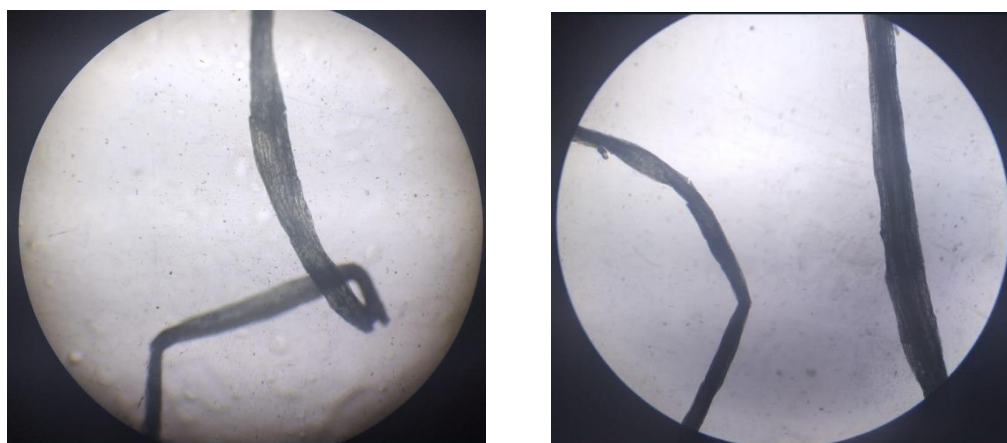


Figura 43. Muestra de raíz de planta con tratamiento de fertilizante químico, no se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

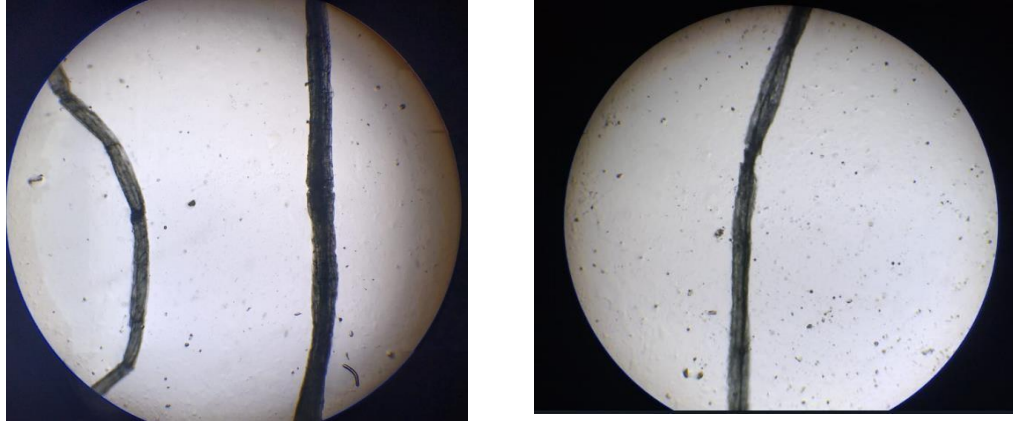


Figura 44. Muestra de raíz de planta control # 2, no se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

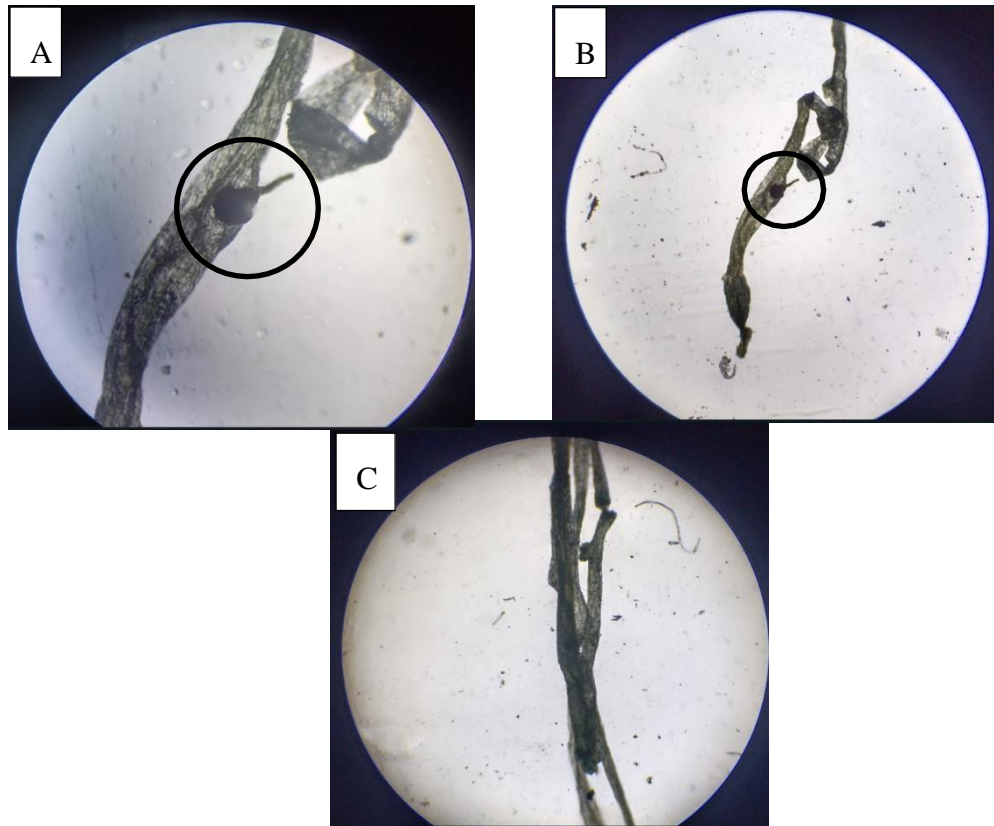


Figura 45. Muestra de raíz de planta control # 3, en la imagen A (microscopio aumento de 10x) y B (microscopio aumento de 5x) se observa el desarrollo de espora. C). muestra de raíz sin presencia estructuras relacionadas con la formación de micorrizas, Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

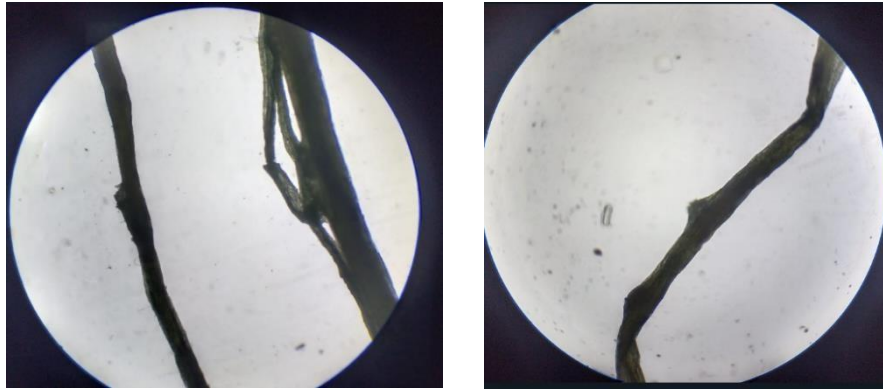


Figura 46. Muestra de raíz de planta control # 1, no se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

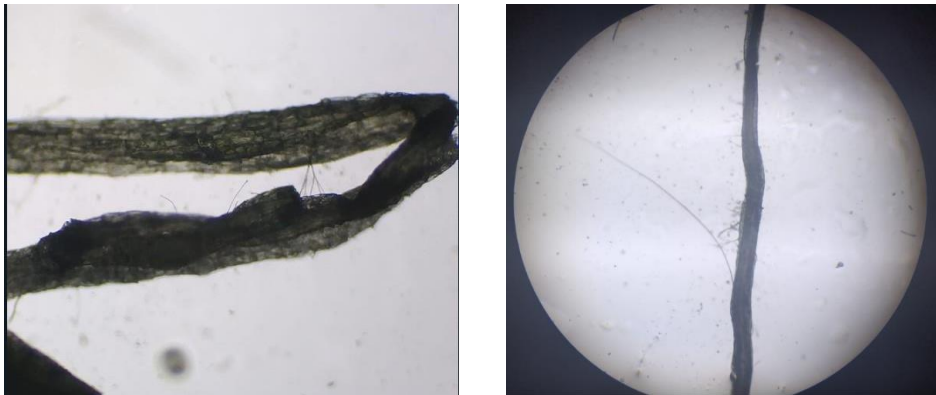


Figura 47. Muestra de raíz de planta tratamiento Micorrizas 0,5 g #1, se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas, hifas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

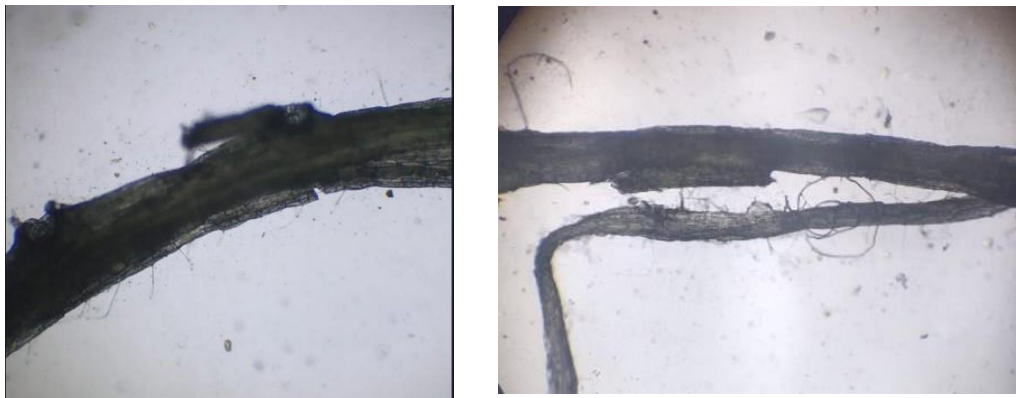


Figura 48. Muestra de raíz de planta tratamiento Micorrizas 0,5 g #3, se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas, hifas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

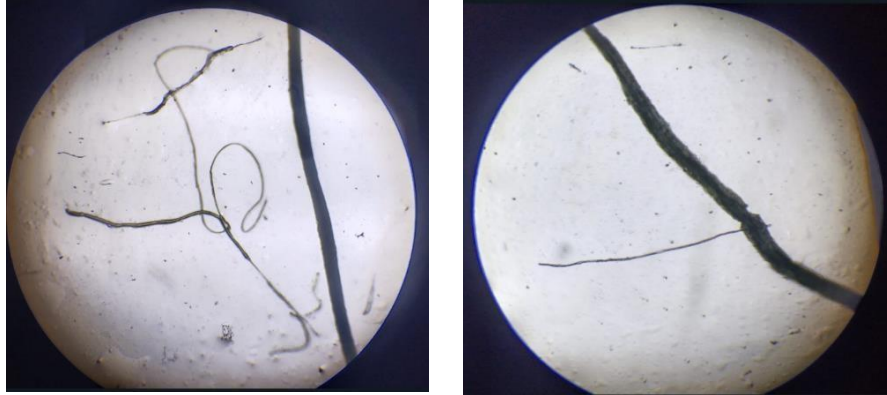


Figura 49. Muestra de raíz de planta tratamiento micorrizas 0,5 g #2, se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas, hifas. Observada en microscopio 10x. Elaborada por autora.

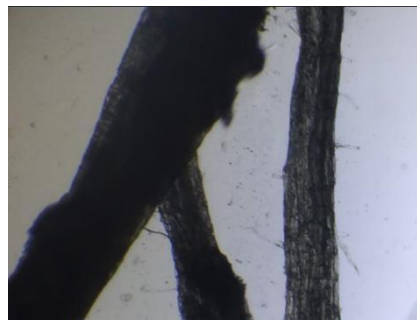


Figura 50. Muestra de raíz de planta tratamiento micorrizas 1 g, se observa presencia de estructuras relacionadas con la formación de micorrizas, hifas. Observada en microscopio 5x y 10x. Elaborada por autora.

8.4 Metodología pedagógica

Como cumplimiento del objetivo educativo de este Trabajo se Grado se obtuvo la elaboración un cartilla titulada *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz*, en la cual se consolidó la experiencia de la inoculación de micorrizas arbúsculares en *Lycopersicum esculentum*, el proceso de cuidado y sostenimiento de la planta, los pormenores de la práctica de cultivo y los resultados de las micorrizas de los géneros *Glomus* sp, *Acaulospora* sp, *Entrophospora* sp y *Scutellospora* sp. como biofertilizante que resulte una alternativa a los fertilizantes químicos, encaminada a organizar dicha experiencia desde el orden didáctico que lograrse su replicación en campos tanto educativos como en espacios no convencionales por fuera de actividades institucionales.

8.4.1 Diseño de la cartilla: *Micorrizas arbusculares, un mundo al interior de la raíz.*

El diseño de la cartilla parte de la premisa del reconocimiento de los espacios de cultivo por parte de la comunidad en general y su relación con el ambiente natural del que se es parte, por ello se hace uso de imágenes referentes a nombres, mujeres y niños en actividades de cultivo, como por ejemplo la siembra de plantas y su recolección o el arado del suelo, todo ello inmerso en un espacio con vegetación recuperando el sentido de pertenencia con dichos espacios (Ver figura 51). De igual manera, se utilizó el color como técnica de organización del contenido de los contenidos que permitan activar sensaciones de curiosidad al lector.



Figura 51. Portada de cartilla *Micorrizas arbuscular, un mundo al interior de la raíz.* Elaborado por autora.

El diseño está pensado para ser implementado como una serie de pasos que permita implementar fertilizantes biológicos a un cultivo de interés personal para el lector, por medio de información corta, ilustrada y práctica que ayude a la comprensión de las acciones de cuidado entorno al cultivo y todos los contenidos biológicos que emergen de dicho proceso (Ver imagen 52); incorporaron fotografías tomadas durante el Bioensayo realizado en este Trabajo de Grado, para dar ejemplos de algunos casos específicos del cuidado del cultivo, morfología de *Lycopersicum esculentum* e identificación de las esporas de los géneros de micorrizas (Ver Figura 53).



Figura 52. Página de la cartilla para el reconocimiento de *Lycopersicon esculentum*. Elaborado por autora.

Para lograr la ampliación de otros contenidos educativos relacionados con los contenidos en la cartilla se añadieron códigos QR que redirecciona al lector a video, documentales, y textos que cumplen la función de ejemplificar o evidenciar conceptos específicos, problemáticas ambientales, datos curiosos, entre otros contenidos. También se incorporan, imágenes informativas que cumplen la función de resumir o sintetizar conceptos biológicos como por ejemplo la identificación de falencia nutricionales en plantas, identificación de patógenos en hojas y reelecciones sobre el uso de los biofertilizantes y la biotecnología en espacios cotidianos (Ver figura 54).



Figura 53. Página de la cartilla que trata de visibilizar las micorrizas a partir de sus esporas. Elaborado por autora.

Los contenidos fueron organizados según el proceso llevado a cabo para la inoculación de las micorrizas. Por ello se da inicio con el reconocimiento de la agricultura urbana, sus características e importancia, seguido de recomendaciones de la selección de un cultivo para iniciar un proceso de huerta. Y se tomó como ejemplo a *Lycopersicon esculentum* para evidenciar su reconocimiento y características morfológicas. Una vez terminado este apartado, se propone el capítulo de *¿Cómo cultivar?* donde se consolidan las características a tener en cuenta cuando se inicia un cultivo por primera vez, como, por ejemplo, la ubicación donde se encuentra viviendo el lector, el desarrollo radicular, las características de un trasplante y la adecuación de un sustrato ya sea en maceta o espacios abierto, seguido esto de los cuidados básicos para la sobrevivencia de la planta a cultivo, con recomendaciones y sugerencia en cuanto a su debido seguimiento.



Figura 54. Imágenes informativas utilizadas en la cartilla para estimular la lectura por medio de la imagen.

Seguido a esto se organizó los contenidos teniendo en cuenta los fertilizantes químicos y biológicos, sus características y tipos, reflexionando frente a sus ventajas y desventajas. Dando paso al apartado de Biofertilización: una alternativa biotecnológica, donde se tocan los temas relacionados con la importancia de la biotecnología en diversos campos de la vida cotidiana y

dando a conocer las micorrizas arbusculares por medio de los resultados obtenidos en la metodología biológica de este trabajo, con sus respectivas faces, imagines y laboratorios implicados en este proceso (Ver figura 55). Para continuar, se estableció una serie de contenidos que se podrían trabajar en el aula y tienen una relación directa con los procesos investigativos del trabajo, donde se procura poner en evidencia la relación entre los trabajos prácticos y la amalgama de posibilidades de enseñanza que ofrece este proceso de investigación.

De igual manera, surgen recomendaciones al lector, en torno al control de patógenos de forma orgánica, abonos orgánicos alternativos para potenciar la función de las micorrizas, y la elaboración de una bitácora por parte del lector que le ayude a configurar un proceso de observación e investigación frente al cuidado del cultivo, que le pueda facilitar su mantenimiento y productividad, también procurando que el lector organice su aprendizaje mediante conceptos nuevos, datos curiosos y habilidades prácticas.

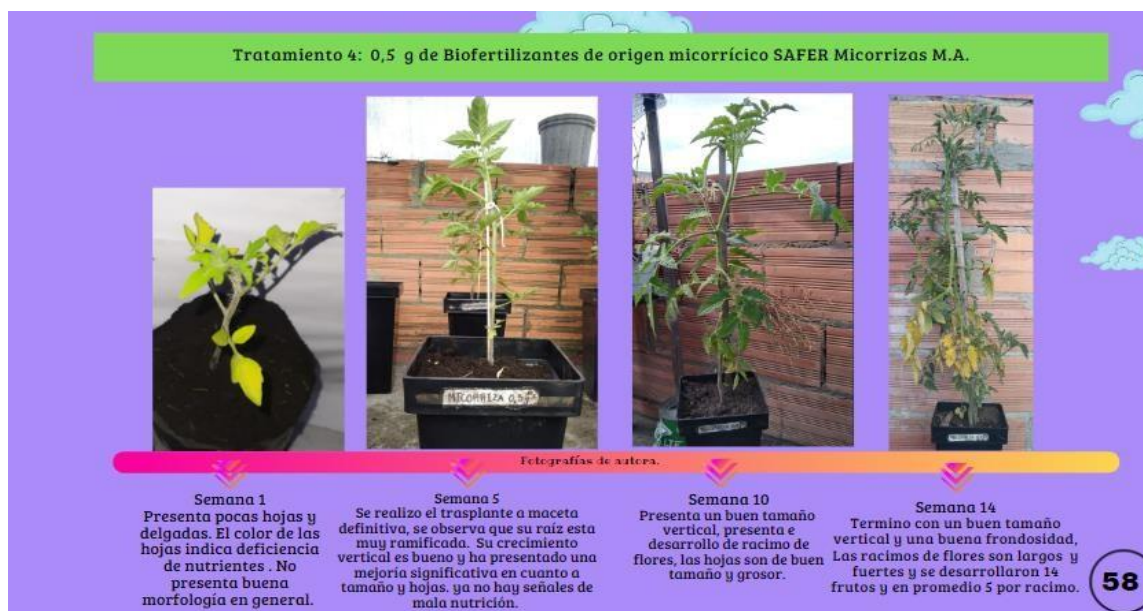


Figura 55. Utilización de los resultados biológicos para dar cuenta del uso de micorrizas como biofertilizante.

Por último, a lo largo de la cartilla se incorporaron actividades con el fin de que el lector investigue, reconozca su entorno, organice sus ideas, repase los contenidos, argumente posturas y haga uso de los recursos disponibles para solventar las necesidades del cultivo (Ver figura 56).



Figura 56. Algunas actividades propuestas en la cartilla, que permitan afianzar los contenidos propuestos.

La cartilla se encuentra en formato virtual en el siguiente enlace:

https://www.canva.com/design/DAEiLbXXRM/XZ7Z9wqzqlGVDRaMkviig/view?utm_content=DAEiLbXXRM&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

8.4.2 Validación

La validación de la cartilla se realizó teniendo en cuenta dos grupos poblaciones, el primero está relacionado con los estudiantes inscritos a la electiva de seminarios de hongos y la segunda población se relaciona con maestros en ejercicios, del área de biología y afines. Para ello se elabora una rubrica de validación 10 afirmaciones y una que dieran cuenta de la pertinencia de la cartilla para la enseñanza y aprendizaje de los contenidos propuestos. Para ello se utilizó la

escala de Likert y conocer su opinión mediante el nivel de conformidad frente a las diferentes afirmaciones, acompañado de una breve justificación.

Dentro del grupo de estudiantes se obtuvieron 17 respuestas. En relación con la primera premisa: *La organización de la información que emplea la cartilla es apropiada para su uso en espacios de aprendizaje y/o enseñanza.* Se obtuvo que 71% de los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo, un 23% de acuerdo y un 6% parcialmente de acuerdo (Ver figura 57). Entre las justificaciones se destaca la buena organización de lo particular a lo general, la información completa y clara, de fácil comprensión, “contenido integral permite comprensión del tema” (E3), pertinente, entre otras apreciaciones similares. Por otro la, el estudiante 8 (E8) sugiere la necesidad de organizar el contenido por capítulos (Ver figura 58).



Figura 57. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relación a la primera afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E13 Si, es una cartilla muy completa que tiene información clara de todos los procesos y por esta razón se puede emplear en la enseñanza

*Justifique su anterior respuesta **

E17 La organización está bien pero debería clasificarse por capítulos, (aunque este se entiende por medio de colore) ejemplo en el contenido Capitulo 1 agricultura en espacios no convencionales 1.1 ¿Qué se puede cultivar en estos espacios? 1.2 Por qué es importante realizar estas practicas en zonas urbanas etc

*Justifique su anterior respuesta **

E1 Me parece que tiene una buena organización y sus colores son muy llamativos , se ve realmente creativo y la información es clara , los ejemplos que se realizan sobre más hortalizas y preguntas son significantes.

*Justifique su anterior respuesta **

E5 Es una cartilla muy completa ilustrativa además que se aprende de plantas como también de hongos poniéndose estos en un escenario de práctica con el cultivo, habiendo una gran relación con lo que se enseña además con la misma práctica. Y del mismo modo también se piensa en algo que contribuye a una problemática social siendo esta el auto cultivo en zonas urbanas.

Justifique su anterior respues

E8 Si, es una cartilla muy completa que tiene información clara de todos los procesos y por esta razón se puede emplear en la enseñanza

Figura 58. Justificación de algunos estudiantes frente a la primera afirmación.

En la segunda afirmación, La información que brinda la cartilla se encuentra actualizada y es adecuada para el conocimiento de la importancia de las micorrizas el 82% de los estudiantes indica que está totalmente de acuerdo afirmando que la cartilla es detallada, actualizada ayuda al reconocimiento de los géneros de las micorrizas se enfoca en la función de las micorrizas, es evidencia la interacción con la raíz, propone las micorrizas como fertilizante y como biorremediación. y el 18% (Ver figura 59) manifiestan estar de acuerdo, como recomendación se sugiere ampliar el contenido de la simbiosis entre planta-raíz.

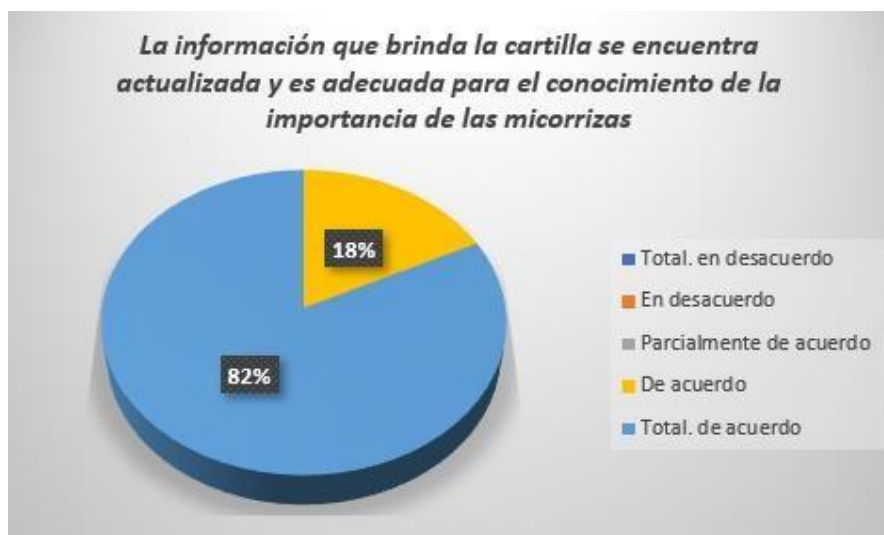


Figura 59. porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la segunda afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E4 Es actualizada, presenta todos los temas hasta la actualidad ya que me tome el atrevimiento de investigar y ver detenidamente el contenido de la cartilla. Me gusto mucho y es entendible

*Justifique su anterior respuesta **

E8 La información que se encuentra dentro de la cartilla es de gran ayuda para conocer las características de las micorrizas y lo que las abarca en general

*Justifique su anterior respuesta **

E12 La información es adecuada, hacer más enfoque en como funcionan las micorrizas y que significa una micorriza arbuscular, por qué este tipo de hongos tienen arbusculos y cuál es la función de este

*Justifique su anterior respuesta **

E13 Se ve como la micorriza interactúa con la raíz de las plantas, se explica que nutrientes y que aportes le genera estas a la raíz y a la absorción de nutrientes en la planta entre muchas funciones.

*Justifique su anterior respuesta **

E10 Es adecuada debido a la forma en la se es presentada la información, ya que es realizada desde una cartilla llamativa, con información relevante, actualizada y adecuada para la población en general.

*Justifique su anterior respuesta **

E16 Propone el uso de micorrizas como alternativa para la bioremediación del suelo, y adicionalmente permite evidenciar el reconocimiento y la importancia de los hongos y sus aplicaciones

Figura 60. Justificación de algunos estudiantes frente a la segunda afirmación.

La tercera afirmación: ***Los conceptos biológicos se presentan con claridad y permiten la comprensión de la temática tratada***, el 88% de los estudiantes indican estas totalmente de acuerdo y el 12% de acuerdo (Ver figura 61). Se indica que si bien los conceptos resultan técnicos son de fácil comprensión, el glosario al final de la guía permite complementar los conceptos de carácter difícil, las imágenes resultan un apoyo para la comprensión de los conceptos, los conceptos se relacionan con la temática, y se identifica una transposición didáctica (Ver figura 62). Es necesario trabajar sobre algunos tecnicismos presente en el contenido para facilitar su comprensión a otros tipos de poblaciones no relacionados con el área.

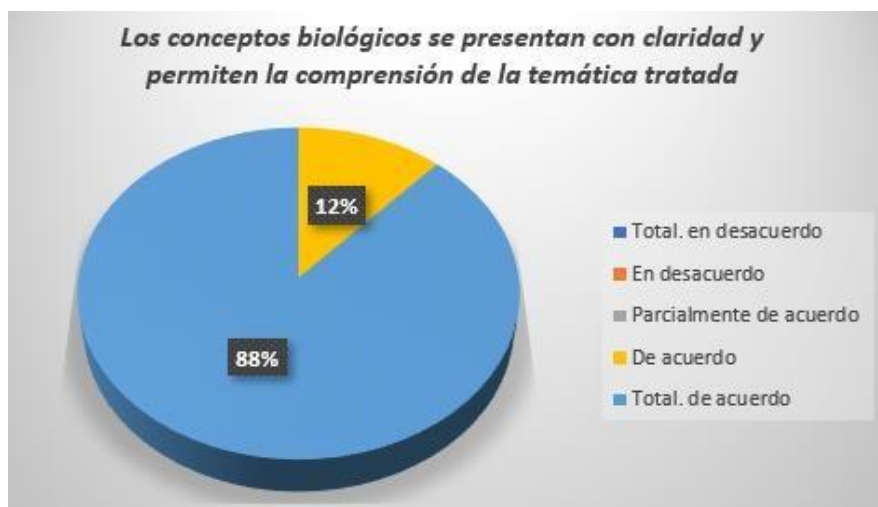


Figura 61. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la tercera afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E1 Son claros, sin embargo siento que hay algunos tecnicismos que no quedan del todo claro, teniendo en cuenta que es una cartilla que va dirigida a un grupo amplio.

*Justifique su anterior respuesta **

E5 Se evidencia la transposición didáctica

*Justifique su anterior respuesta **

E9 Aunque usa terminología científica esta explicada para la que cualquier persona pueda utilizarla y aplicarla

*Justifique su anterior respuesta **

E11 Se muestran muy claros los conceptos biológicos, además que al final de la guía se puede indagar sobre conceptos que se desconocen. Siendo muy detallada en explicar muy bien los términos biológicos.

*Justifique su anterior respuesta **

E14 Los conceptos y procedimientos biológicos son claros y bien especificados, diseñados en consecuencia a la practica potencial que se pueda realizar con este material educativo

Figura 62. Justificación de algunos estudiantes frente a la tercera afirmación.

En relación con la cuarta afirmación **las imágenes, figuras y códigos QR presentadas permiten la comprensión de los temas**, y acercan al lector a la relaciona entre contenidos el 65% de los estudiantes están totalmente de acuerdo, el 29% está de acuerdo y el 6% parcialmente de

acuerdo (Ver figuras 63). Se indica que las imágenes, gráficas y códigos QR son pertinentes y resultan un apoyo para la ampliación de los contenidos. De igual manera resultan útiles e innovadores. Así pues, surge la necesidad de revisar los códigos QR ya que el estudiante 4 tuvo algún inconveniente al hacer uso de este código. Por otro lado, se recomienda el campo de la tipografía de los códigos QR ya que resultan de difícil lectura (Ver figura 64).

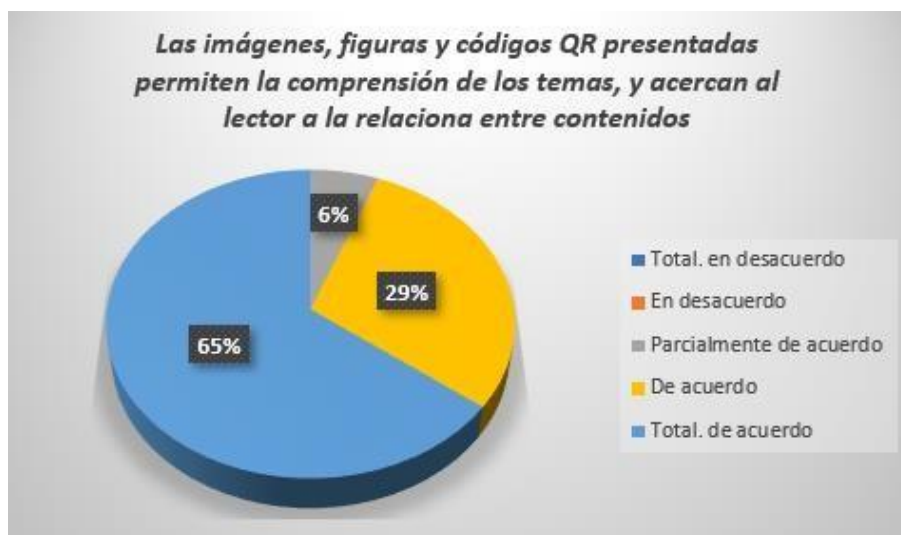


Figura 63. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la cuarta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E3 En cartilla predomina muchas imágenes, además que se logra notar que la persona tomó y realizó bastantes experimentaciones, por lo tanto ha enriquecido de imagines que posee como apoyo en esta cartilla.

*Justifique su anterior respuesta **

E7 No hay espacio para dudas, pues fundamenta y complementa la información presentada.

*Justifique su anterior respuesta **

E14 Se implementan las TIC con el uso de códigos Qr que pueden llevar a manejar más herramientas fuera de la cartilla

*Justifique su anterior respuesta **

E17 Este material tiene buenos materiales de apoyo para la comprensión, sería bueno que si la cartilla también puede ser virtual, que hayan hipervínculos en el contenido para fácil acceso a los temas

Figura 64. Justificación de algunos estudiantes frente a la cuarta afirmación.

La afirmación número cinco: *El vocabulario utilizado es sencillo y fácil de entender permitiendo la comprensión del contenido*, el 59% indica estar totalmente de acuerdo y el 41% de acuerdo (Ver figura 65). Se resalta la pertinencia de manejar textos cortos y concretos para el lector, fácil de entender, clara y relacionada con la temática. Algunos afirman que el vocabulario funciona para un variado tipo de población, relacionado los puntos de vista cotidianos y científicos. Pero por otro lado el estudiante 5 expresa la necesidad de evaluar la población para que el material resulte idóneo para su aplicación (Ver figura 66).



Figura 65. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relación con la quinta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E1 El contenido se comprende muy bien ya que se manejan textos cortos y con vocabulario sencillo

*Justifique su anterior respuesta **

E19 El vocabulario es técnico y científico cuando se refiere a temáticas a tratar netamente biológicas, es sencillo y fácil de entender debido al diseño, fotografías e imágenes que presenta.

*Justifique su anterior respuesta **

E10 El vocabulario es sencillo para cualquier tipo de población

*Justifique su anterior respuesta **

E16 Muy sencillo, lo vi con mi hermana para ver su concepción y aún siendo pequeña comprendió la mayoría de conceptos y recomendaciones.

Figura 66. Justificación de algunos estudiantes frente a la quinta afirmación.

En la sexta afirmación la cartilla permite desarrollar habilidades como la observación y argumentación sobre la temática propuesta, se obtuvo como resultado que el 71% de los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo y el 29% de acuerdo (Ver figura 67). Dentro de esta afirmación se hace referencia a la pertinencia de la observación a incentivar practicas dentro de la cartilla, al manejar una temática de cultivo se incentiva el reconocimiento de las habilidades que se pueden llevar a cabo en estos tipos de procesos educativos. De igual manera se hace referencia al manejo de imágenes dentro de la cartilla ya que eso incentiva la observación y actividades de argumentación (Ver figura 68).



Figura 67. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relación con la sexta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E5 Al ser tan llamativa visualmente genera interés por lo que se explica dentro de ella, es una cartilla muy visual ya que trae elementos que incentivan la observación

*Justifique su anterior respuesta **

E6 Nos hace poner en práctica lo aprendido en la cartilla

*Justifique su anterior respuesta **

E8 Permite mucha observación mencionando la gran cantidad y variedad de imágenes que se utilizan, y así mismo con su contenido teórico genera grandes ideas de argumentación y práctica para contrastar datos si se llega a implementar la cartilla.

Justifique su anterior respuesta

E15 Mediante un cultivo particular se generan saberes de practicas de cultivo y conceptos biológicos para el uso de las micorrizas

Justifique su anterior respuesta

E16 Este material es muy bueno para que los lectores reconozcan los problemas y así mismo desarrollen habilidades científicas, argumentativas y que se permitan solucionar problemas

Figura 68. Justificación de algunos estudiantes frente a la sexta afirmación.

En la afirmación séptima: Las actividades presentadas en la cartilla son favorables para el proceso de afianzar el contenido, por parte de los estudiantes se hace referencia a la utilidad, sencillas e interactivas de las actividades de la cartilla que permitan a cualquier publico elaborar, actúan como un refuerzo y reconocimiento de las temáticas tratadas en la cartilla que retoma conceptos y contenidos de comprensión. De igual manera se hace la sugerencia a incorporar actividades que fomenten los saberes de trabajadores del “cultivo” para visibilizarlos; del mismo modo, se plantea que si las actividades se realizaran de manera autónoma es necesario ampliar la explicación de las actividades (Ver figura 70). De este modo se obtuvo que el 59% de los estudiantes en tan totalmente de acuerdo con esta información, mientras que el 35% están de acuerdo y el 6% parcialmente de acuerdo (Ver figura 69).



Figura 69. Porcentaje de aprecian de los estudiantes en relacion con la séptima afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E3 Si, siento que en general, son muy útiles y sencillas, que cualquier público podría tomarla y elaborarla.

*Justifique su anterior respuesta **

E4 Optimizarlas para una practica de cultivos urbanos enfatizando saberes de distintas procedencias para su posterior cultivo, teniendo en cuneta la voz de personas que trabajan el campo.

Justifique su anterior respuestc

E7 Son de gran ayuda aunque si se realizan de forma autónoma creo que es mejor ampliar un poco la información por ejemplo la actividad de la biotecnología

*Justifique su anterior respuesta **

E13 Las actividades retoman conceptos y contenidos que son base para que el estudiante entienda y realice de forma correcta la cartilla.

Justifique su anterior respuesta

E15 si, se puede observar que la realización de la cartilla fue pensada para cualquier sujeto porque usa elementos de la vida cotidiana como son las mismas plantas y te hace observar cual es proceso adecuado para una siembra.

*Justifique su anterior respuesta **

E17 Las actividades son adecuadas y encajan muy bien con las explicaciones dadas y de esa manera el contenido se comprende mucho más

Figura 70. Justificación de algunos estudiantes frente a la séptima afirmación.

En cuanto a la octava afirmación: ***la cartilla motiva al lector a problematizar el uso de fertilizantes químicos en las prácticas de cultivo***, el 71% de los estudiantes manifiestan estar totalmente de acuerdo afirmando que problematiza el uso de fertilizantes químicos frente a el impacto y consecuencias de estos a nivel ambiental, los cuales adviertan sobre el desconocimientos de su uso; por otro lado, los estudiantes manifiestan que también se plantea o propone una solución, una alternativa, la necesidad de otras prácticas e indagar otras posibilidades para la fertilizaciones de los cultivos desde el cuestionamiento de que decisión tomar (Ver figura 72). El 23% de los estudiantes indican estar de acuerdo y el 6% parcialmente de acuerdo (Ver figura 71).

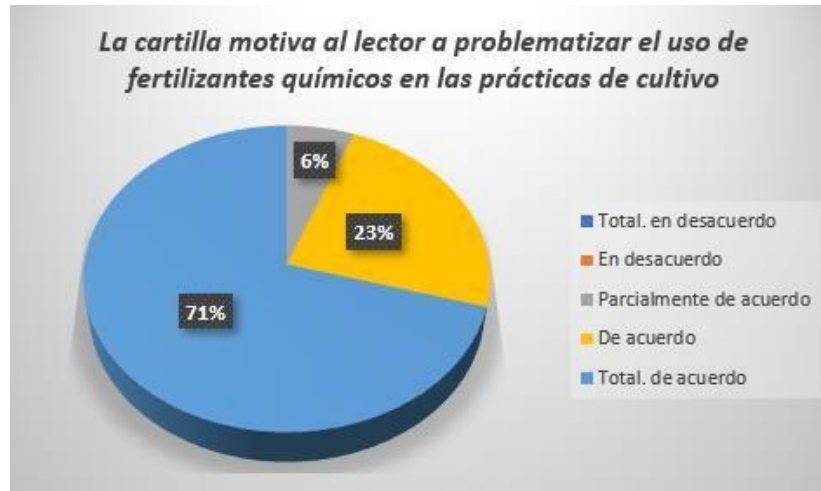


Figura 71. Porcentaje de aprecio de los estudiantes en relación con la octava afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

- E2 Si, porque desde los contenidos a trabajar se maneja la información adecuada para poder construir argumentos desde las prácticas de cultivos

*Justifique su anterior respuesta **

- E5 Sí, realmente el mensaje que transmite la cartilla en cuanto a este tema posibilita pensarse sobre el uso de fertilizantes químicos y observar otros panoramas para dejar este tipo de prácticas

*Justifique su anterior respuesta **

- E7 La cartilla genera cuestionamiento sobre el porqué se utilizan fertilizantes químicos, ocasionando una mayor atención en pensar usar biofertilizantes.

*Justifique su anterior respuesta **

- E10 Si, porque te explica como la industria los usa para un mayor rendimiento en los cultivos pero nos deja muy claro cuales son las implicaciones a nivel ambiental del uso de estos fertilizantes

*Justifique su anterior respuesta **

- E12 Si, de hecho advierte de muchas cosas que ignoramos a la hora de hacer siembras y demás. Muy clara la información acerca de las problemáticas que estos a su vez producen.

*Justifique su anterior respuesta **

- E14 Yo creo que pone en tela de juicio a él lector pues no le menciona específicamente que es mejor, pero sí le da pinceladas para que este cuestione que decisión tomar.

Figura 72. Justificación de algunos estudiantes frente a la octava afirmación.

En lo que respecta a la afirmación nueve: la cartilla permite evidenciar las ventajas de los biofertilizantes a base de micorrizas en prácticas de cultivo se indica que el 71% de los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo con la afirmación y el 29% de acuerdo (Ver figura 73). Entre algunas justificaciones se expresa que el ejemplo del cultivo, el bioensayo de *Lycopersicum esculentum*, prueba como comprobar las ventajas de las micorrizas como biofertilizante, por otro lado, también se evidencian sus beneficios desde la parte ambiental, industrial y social. También se indica la claridad del uso de la micorriza como biofertilizante alternativo, generando una estrategia para mitigar el uso de fertilizantes químicos (Ver Figura 74).



Figura 73. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relación con la novena afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E4 Con el ejemplo del cultivo de la planta del tomate es una prueba para comprobarlo.

*Justifique su anterior respuesta **

E5 La cartilla está bien enfocada en cuanto a enviar un mensaje al mal uso de los fertilizantes químicos en procesos de cultivo, por lo tanto se centra en otras maneras de realizar estas prácticas como son las micorrizas

*Justifique su anterior respuesta **

E7 A partir de la problematización del uso de fertilizantes y los biofertilizantes como alternativa resulta clara la relación de las micorrizas y su uso en la agricultura

*Justifique su anterior respuesta **

E12 Las ventajas de los biofertilizantes son presentados de manera clara y llamativa lo que permite evidenciar el la calidad de la información

*Justifique su anterior respuesta **

E16 Si, permite evidenciar las ventajas de los biofertilizantes a base de las micorrizas en las prácticas de cultivo , especificando sus efectos y argumentando el por qué de estas buenas prácticas en los cultivos

*Justifique su anterior respuesta **

E17 Al mencionar las micorriza y su impacto en las raíces de algunos cultivos, uno se plantea usar con mayor frecuencia biofertilizantes para plantaciones vegetales como también on otras variedades de biofertilizantes para distintos cultivos.

Figura 74. Justificación de algunos estudiantes frente a la novena afirmación.

Por último, la décima afirmación ***la cartilla rescata las actividades prácticas para la configuración del conocimiento*** permite evidencia que el 71% de los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo, afirmando que la cartilla fortalece el conocimiento mediante las actividades alrededor de las prácticas y la importancia micorrizas, también se mencionan que la teoría y la práctica van de la mano y las permita el conocimiento que se quiere mostrar en la cartilla. Por otro lado, el 29% (Ver figura 75) de los estudiantes indican estar de acuerdo con la afirmación, y menciona que solo algunas actividades retoman la práctica.



Figura 75. Porcentaje de apreciación de los estudiantes en relación con la décima afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

E1 Por su puesto, está cartilla fortalece el conocimiento mediante las actividades al rededor de las prácticas y la importancia en sí de las micorrizas

*Justifique su anterior respuesta **

E5 Totalmente, es un trabajo muy bien realizado, desde lo academico hasta el diseño.

*Justifique su anterior respuesta **

E13 si lo resalta porque te da un paso a seguir con un proceso adecuado, además, que te da un ejemplo muy claro para aplicarlo

*Justifique su anterior respuesta **

E14 Si, al mostrar herramientas y procedimientos sobre del cultivo urbano además de utilizar las micorriza como biofertilizantes genera una mayor atención en el lector para realizar de manera practica lo que se muestra en la cartilla, y también contratar y corroborar lo que se está en la misma.

*Justifique su anterior respuesta **

E16 Creo que es el punto fuerte, porque la teoría y la práctica van de la mano y las actividades evidencian el proceso y las posibles dificultades que surjan durante el mismo

*Justifique su anterior respuesta **

E17 El aprendizaje debe ser algo significativo, creando un puente entre lo aprendido y los conocimientos previos, siendo lo práctico donde se evidencia que claramente se entendió

Figura 76. Justificación de algunos estudiantes frente a la décima afirmación.

Para finalizar se les pregunto a los estudiantes si se ***¿Encuentra alguna dificultad en la comprensión de la temática y de las prácticas como lo presenta la cartilla?*** a lo que la mayoría contesto que no, señalando que es muy manejable, con un diseño acorde y fácil de aprender, con pasos bien estructurados, completa, con buenos colores e imágenes que permiten procesos de asociación. Por otro lado, se manifiesta que se podría mejor la tipografía y colores utilizados en la cartilla ya que dificulta su lectura y se recomienda cambiar los colores por unos más neutros (Ver figura 77).

¿Encuentra alguna dificultad en la comprensión de la temática y de las prácticas como lo presenta la cartilla?

- E3 Tal vez el uso de los colores deberían más acordes a la información, al ser una cartilla que contiene bastante texto, podría tener colores un poco más neutros, para así evitar el cansancio visual
- E4 La cartilla es muy clara desde el índice dividido por colores, como en los contenidos conteniendo el color que señala el índice, ubicándose muy bien el secciones muy específicas de la cartilla y también de sus imágenes.
- E6 Lo unico es un poco difcil de leer por la tipografia y colores, pero por el contenido me parece un excelente trabajo.
- E9 no, ninguna, muy manejable y entendible para distintos grupos de población.
- E11 La cartilla es muy clara , ejemplifica , tiene vocabulario claro, las ilustraciones son parte de un buen elemento junto con las actividades para fortalecer la explicación.
- E15 No, la cartilla es entendible, tiene buenos colores e imágenes descriptivas que permiten procesos de asociación

Figura 77. Justificación de algunos estudiantes frente a la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla.

En relación con las observaciones y aspectos a mejorar se encuentran algunas que hacen mención de, reducir la cantidad de texto por “diapositiva”, mejorar tipografía, poner en negrilla las palabras del glosario, se hace el llamado a revisar algunas palabras que se encuentran con inconvenientes de redacción, aspecto fundamental a mejorar en la cartilla que será prioritario, y por último, mejorar la diagramación en relación con la disposición de las imágenes (Ver figura 78).

*

Observaciones y/o aspectos a mejorar

- E8 La cartilla sin duda es muy completa, es holística, pues tiene en cuenta muchas áreas temáticas. Considero que es un buen apoyo para todo público se puede usar en la escuela, casa o agricultura. Excelente tu trabajo. Por otra parte, sugiero poner en negrilla los conceptos del glosario, ejemplo, micorriza en negrilla.
- E10 Es muy buena cartilla, me gustó mucho el contenido y la estructura de esta, además que tenía muchas imágenes muy interesantes y que me indicaban muchos aspectos para entender la cartilla. Que genial.
- E15 Considero que la cartilla es un muy buen material y facilita la comprensión de la temática gracias a la transposición que en ella se maneja
- E17 Me parece que es un excelente material, la manera en que se desarrollo tiene varios elementos que se complementan entre si, que se pueden seguir fortaleciendo. Me gustaría que sea de fácil acceso para los maestros y estudiantes para que el material no quede solo en la presentación sino pueda ser reconocido

Figura 78. Algunas observaciones y aspectos a mejorar por parte de estudiantes frente a la cartilla.

En la segunda población, se encuestaron a 7 maestros. En la primera afirmación, *la organización de la información que emplea la cartilla es apropiada para su uso en espacios de aprendizaje y/o enseñanza*, el 57% indica estar totalmente de acuerdo y el 43% de acuerdo (Ver figura 79). Dentro de las justificaciones se indica que hay presencia de elementos significativos que permiten el uso de la cartilla en espacios escolares o fuera de ellos; de igual manera, se indica que la cartilla presenta una secuencia clara y organizada que conduce a la apropiación del tema en espacios tanto fuera como dentro del aula. Por otra parte, se indica que la cartilla se organiza de lo particular a lo general siendo así apropiada, y se describe que al estar organizada desde la contextualización hasta la actividad concreta posibilita comprender de manera clara la temática (Ver figura 80).



Figura 79. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la primera afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

- M5 Se presentan elementos significativos que pueden dar cuenta para el uso de procesos de enseñanza y aprendizaje, en un contexto escolar o fuera.

*Justifique su anterior respuesta **

- M3 Por una parte proporciona información concerniente con la temática que se plantea en un inicio; conserva una secuencia clara y organizada en el planteamiento de la información las cuales conducen a una apropiación del tema, pero además posibilita la interacción del lector de acuerdo con la propias experiencias, es decir, suministra una herramienta valida y útil en espacios de aprendizaje fuera o dentro del aula

*Justifique su anterior respuesta **

- M7 Es apropiada, ya que empieza de lo general a lo particular y como emplearlo en cultivos, desde aulas o en espacios no convencionales.

*Justifique su anterior respuesta **

- M4 La organización de la información posibilita comprender de manera clara la temática a trabajar, pues en un inicio presenta una contextualización de las temáticas principales para luego dar paso a actividades concretas que pueden desarrollarse en diversos espacios de aprendizaje además de la escuela.

Figura 80. Justificación de algunos maestros frente a la primera afirmación.

En la afirmación número dos, *la información que brinda la cartilla se encuentra actualizada y es adecuada para el conocimiento de la importancia de las micorrizas*, aclarando que, se justifica por un lado que la cartilla presenta de manera clara la importancia y beneficio de las micorrizas, considerando que se explica puntualmente este tipo de asociación, de igual manera se menciona que, se emplea información explícita y clara sobre la temática, y que es adecuada a las necesidades estudiantiles, indicando que se reflejada la importancia de las micorrizas por medio del ejemplo del cultivo de tomate Santa Cruz . Por otro lado, se menciona la importancia de hacer mayor claridad sobre algunos apartados como por ejemplo el de pisos térmicos y coloración del suelo (Ver Figura 82). Así pues, obtiene como resultado que el 43% está totalmente de acuerdo con la información, otro 43% está de acuerdo y un 14% esta parcialmente de acuerdo (Ver figura 81).



Figura 81. Porcentaje de apreciación por parte de los maestros en relación con la segunda afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M2 La cartilla presenta de manera clara la importancia y beneficio de las micorrizas en cultivos que se pueden realizar de forma casera y lo evidencia a partir del cultivo del tomate chonto.

*Justifique su anterior respuesta **

M4 emplea información clara y pertinente, además incorpora imágenes que ayudan a complementar la información, por otra parte las citas bibliográficas empleadas son fuentes confiables y de actualidad

*Justifique su anterior respuesta **

M7 La información es clara y precisa, y como están acompañadas de imágenes que complementan dicha información

Figura 82. Justificación de algunos maestros frente a la segunda afirmación.

Continuando con la tercera afirmación, *los conceptos biológicos se presentan con claridad y permiten la comprensión de la temática tratada*, el 57% de los maestros indicar estar totalmente de acuerdo, el 29% de acuerdo y el 14% parcialmente de acuerdo con la afirmación (Ver figura 83). Dentro de las justificaciones se resaltan la claridad y precisión de la información, lo llamativo del lenguaje y la importancia de la imagen como apoyo al lector, de igual modo, de menciona lo útil del glosario para despejar dudas. Además, se hace la sugerencia de ampliar algunos conceptos, teniendo en cuenta la población en general o un grupo de estudiantes de grados específicos (Ver figura 84).

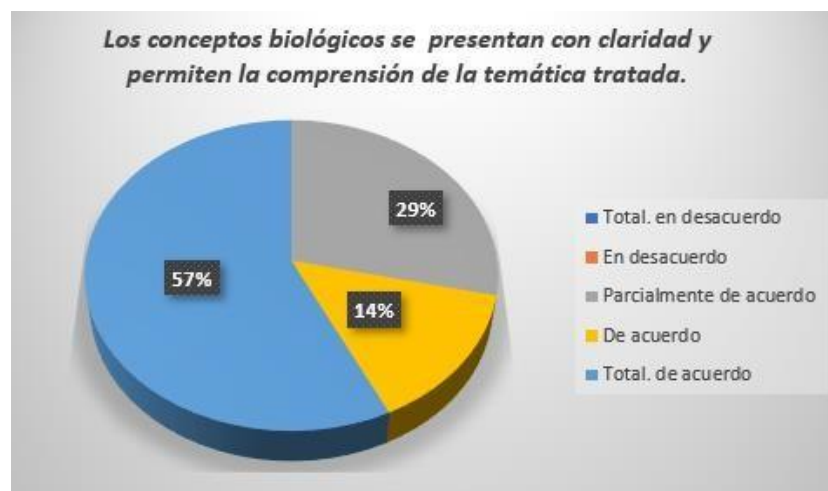


Figura 83. Porcentaje de apreciación por parte de los maestros en relación con la tercera afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M5 si, los conceptos son claros, sin embargo considero que si la cartilla va dirigida al publico en general, se podría ser menos técnica (académico) con algunos conceptos, ampliar estos o emplear comparaciones.

*Justifique su anterior respuesta **

M7 El lenguaje utilizado es sumamente claro y llamativo pues permite acercar al lector a la experiencia con el apoyo de imágenes y ejemplos. Las pequeñas actividades que se incluyen dentro de la cartilla facilita la comprensión de los conceptos que se utilizan. En la página 22, tener en cuenta que al hablar de esquejes ya se habla de reproducción asexual (hay redundancia)

*Justifique su anterior respuesta **

M4 El apartado del glosario e útil para despejar las dudas que puedan existir respecto a los términos técnicos que se emplean a lo largo de la cartilla.

*Justifique su anterior respuesta **

M1 Como docente de biología para mi están claros los conceptos, sin embargo para una población de estudiantes muchos de los conceptos biológicos son densos y pueda que no se entienda al momento de la lectura lo que se quiere explicar.

Figura 84. Justificación de algunos maestros frente a la tercera afirmación.

En la afirmación número cuatro, ***las imágenes, figuras y códigos QR presentadas permiten la comprensión de los temas, y acercan al lector a la relaciona entre contenidos***, se mencionada que añadir información complementaria por medio de la consulta individual facilita ampliar los conocimientos, al igual que las imágenes y figuras, utilizadas en la cartilla, resultan pertinentes y de apoyo para la comprensión de los conceptos biológicos, de igual modo se menciona la complementariedad de hacer uso de los códigos QR. Como recomendaciones se resulta la importancia de adecuar la tipografía de algunos apretados para mejorar su comprensión, optar por utilizar imágenes con mejor resolución o integrar las palabras del glosario directamente en las páginas para lograr una mejor apreciación de los conceptos complejos (Ver figura 86). En ese orden, se obtiene que el 57% de los maestros están de acuerdo con la afirmación y el 43% total mente de acuerdo (Ver figura 85).

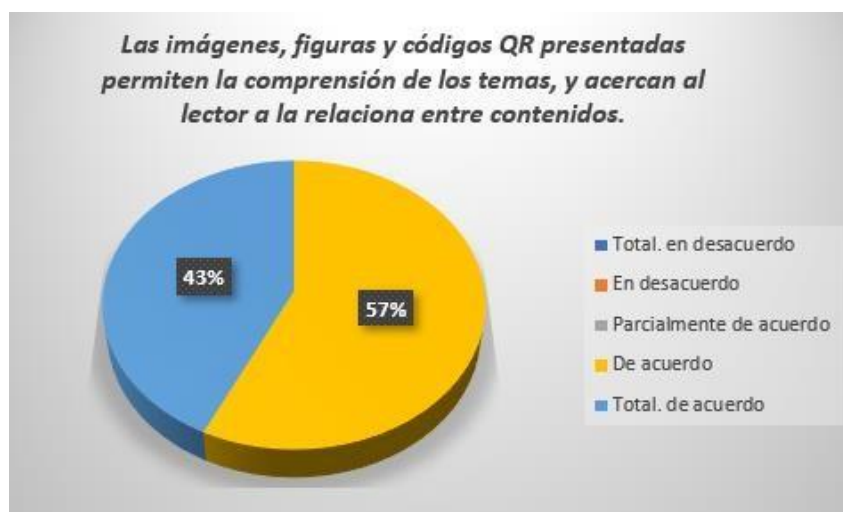


Figura 85. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la cuarta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

- M3 Hubiera Sido pertinente colocar las palabras del glosario en la misma página como un cuadro de texto de importancia para tener claro los conceptos.

*Justifique su anterior respuesta **

- M2 La propuesta de sugerir la consulta de información complementaria en otras fuentes, facilita que aquellos que no tengan unos conocimientos amplios de botánica, tengan un acercamiento a conceptos específicos abordados. Así mismo, los recursos visuales basados en fotografías son bastante dicentes con relación al ejercicio que se hace y desde donde se construye la propuesta educativa.

*Justifique su anterior respuesta **

- M5 Los códigos QR brindan información complementaria a la que se suministra en las paginas que aparecen.

*Justifique su anterior respuesta **

- M7 Las imágenes son un excelente apoyo para visualizar la experiencia y permiten la comprensión de los conceptos biológicos que se incluyen. Revisar la calidad de las imágenes tomadas de internet, se recomienda utilizar imágenes de alta resolución para mejorar la visualización (piso térmico, guía de identificación de patógenos). Todos los códigos QR funcionan bien y están acorde a lo que se lee.

Figura 86. Justificación de algunos maestros frente a la cuarta afirmación.

En cuanto a la quinta afirmación, *el vocabulario utilizado es sencillo y fácil de entender permitiendo la comprensión del contenido*, el 43% indica estar totalmente de acuerdo, otro 43% parcialmente de acuerdo y el 14% de acuerdo (Ver figura 87). Dentro de esta afirmación se encuentra recurrente la necesidad de especificar la población a la cual iría enfocada con la cartilla, ya que, si bien algunos maestros la encuentran con un lenguaje sencillo, no tan técnico y con vocabulario adecuado para personas principiantes, otros maestros hacen hincapié en tener en cuenta a la población infantil o de primaria y reducir la complejidad o el lenguaje técnico dentro de la cartilla y aclarar la información sin perder la rigurosidad (Ver Figura 88).

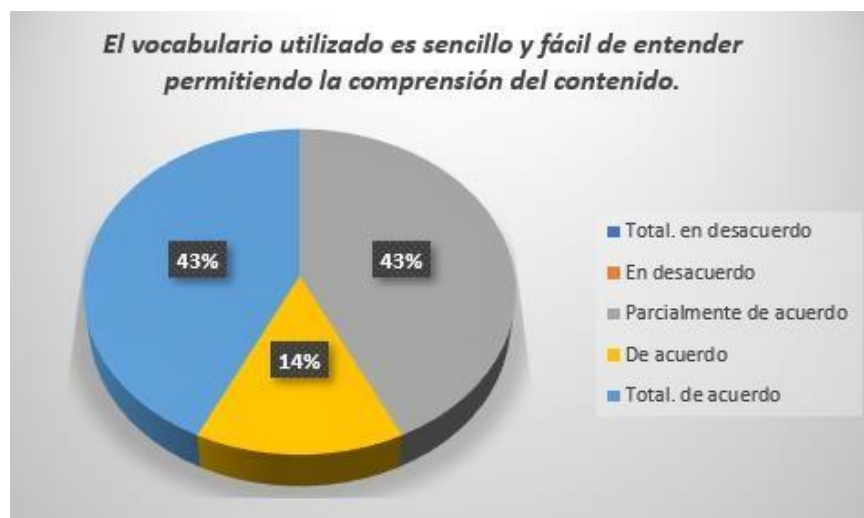


Figura 87. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la quinta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

- M4 Depende a la población a la que este dirigida la cartilla, si es para chicos de bachillerato no existirá mayor inconveniente a la hora de trabajarse. Si se piensa en una población infantil se deberán abordar temáticas en espacios alternativos, ya que hay bastantes conceptos de alta complejidad.

*Justifique su anterior respuesta **

- M6 considero que si la cartilla va dirigida al publico en general, en algunos casos seria pertinente aclarar la información sin perder la rigurosidad de lo que se busca mostrar, ya que resulta ser muy técnica

*Justifique su anterior respuesta **

- M4 Sí es sencillo no es tan técnico y funciona por si una familia o niños desean realizar y aprender esta cartilla

*Justifique su anterior respuesta **

M2 El vocabulario utilizado permite la comprensión de la temática de la cartilla tanto para personas principiantes como expertas.

Figura 88. Justificación de algunos maestros frente a la quinta afirmación.

En la sexta afirmación, *la cartilla permite desarrollar habilidades como la observación y argumentación sobre la temática propuesta*, se justifica que las propuesta práctica de laboratorio y experimentación si permiten abordar distintos ejercicios de observación y argumentación, donde se da paso a la reflexión como un insumo para una adecuada práctica que permitiendo explicar la temática desde diferentes formas. Desde otra perspectiva se relaciona la cartilla con el trabajo de observación, donde se rescata su importancia, ya que se relaciona con la práctica de cultivo y biofertilizantes (Ver figura 90). Como resultado cuantitativo, el 57% de los maestros se encuentren de acuerdo con la afirmación y el 43% totalmente de acuerdo (Ver figura 89).



Figura 89. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la sexta afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

- M1 La etapa de propuesta práctica de laboratorio y experimental, permite abordar distintos elementos que incluso, pueden ir más allá del ejercicio de observación y argumentación, que pueden ir destacando a lo largo del proceso. Pero, en el ejercicio hay un punto donde la participación activa para la comparación de los elementos de la cartilla se pierden, para ser recuperados levemente al final del producto.

*Justifique su anterior respuesta **

- M7 La cartilla diseñada es una excelente estrategia de aprendizaje para facilitar la comprensión de temáticas asociadas a los microorganismos en la escuela. Las imágenes y actividades propuestas a lo largo de la misma permiten repasar las temáticas a medida que se van desarrollando.

*Justifique su anterior respuesta **

- M3 Si, porque hace reflexiones sobre la importancia de utilizar determinados insumos para la actividad y da el paso a paso de la forma adecuada de llevarlo a la práctica. Adicional a ello se explica de diferentes formas las temáticas trabajadas.

*Justifique su anterior respuesta **

- M4 Si permite desarrollar ciertos tipos de aprendizaje científico

Figura 90. Justificación de algunos maestros frente a la sexta afirmación.

Continuando con la séptima afirmación, *las actividades presentadas en la cartilla son favorables para el proceso de afianzar el contenido*, el 57% de los maestros encuestados indican estar totalmente de acuerdo mientras que el 43% indican estar de acuerdo (Ver figura 91). En algunas justificaciones, se toma en consideración que las actividades permiten afianzar los contenidos y repasar las temáticas, también, agilizan los sentidos como la observación. De igual modo se menciona que las actividades van acordes a las necesidades de la práctica y aseguran procesos de aprendizajes a medida que se avanza por la cartilla (Ver figura 92).

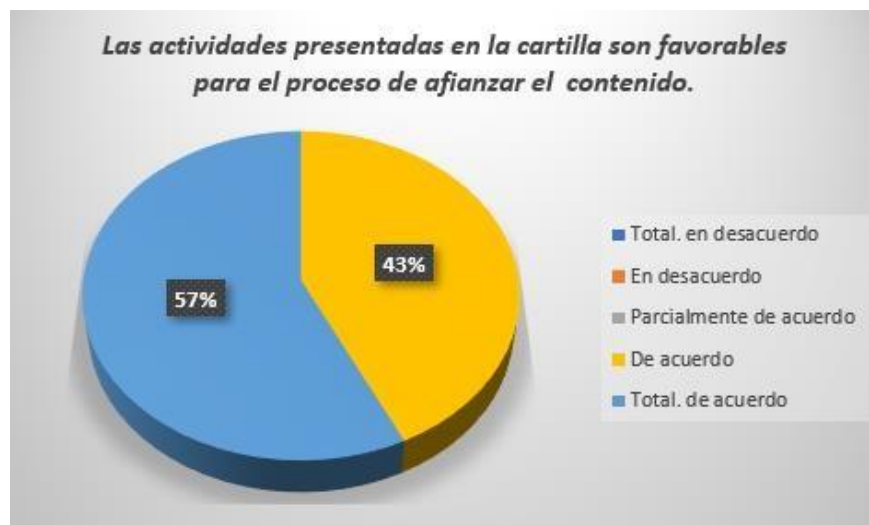


Figura 91. Porcentaje de aprecio por parte de los maestros en relación con la séptima afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M2 es una propuesta con actividades acordes a las necesidades de la prácticas que se plantean, es decir tiene un orden claro y beneficioso, con fundamentos biológicos necesarios a la hora de comprender la temática central

*Justifique su anterior respuesta **

M5 Claro que si, porque cada explicación o contenido presentado va acompañado de una actividad práctica.

*Justifique su anterior respuesta **

M6 Muchas de las actividades presentan elementos favorables en la medida que aseguran ciertos procesos de aprendizaje en la medida que posibilitan el afianzamiento de contenidos, sin embargo, de algunos no es posible afirmar que los elementos sean interiorizados a través de procesos "reflexivos", habría que hacerse un apartado quizá a modelo de "GUÍA" para el lector sobre ¿Qué refiere la reflexión?, ¿Qué refiere por afianzar?, ¿Qué refiere por fortalecer?, etc. Corto y conciso, sobre los objetivos de los tipos de actividades.

*Justifique su anterior respuesta **

M7 Las diversas actividades que se incluyen en las temáticas planteadas permiten afianzar los contenidos a medida que se va avanzando y permiten repasar las temáticas que se proponen.

Figura 92. Justificación de algunos maestros frente a la séptima afirmación.

En la octava afirmación, *la cartilla motiva al lector a problematizar el uso de fertilizantes químicos en las prácticas de cultivo*, se menciona la sugerencia de incorporar una actividad relacionada con este tema para poder profundizar un proceso de reflexión. Por otro lado, se indica que si hay una motivación a problematizar el uso de este tipo de fertilizantes al explicar cuáles con las consecuencias de su uso frente a las ventajas del uso de micorrizas como alternativa (Ver figura 94). De este modo, el 57% de los maestro indican estar totalmente de acuerdo con la afirmación y el 43% estar de acuerdo (Ver figura 93).

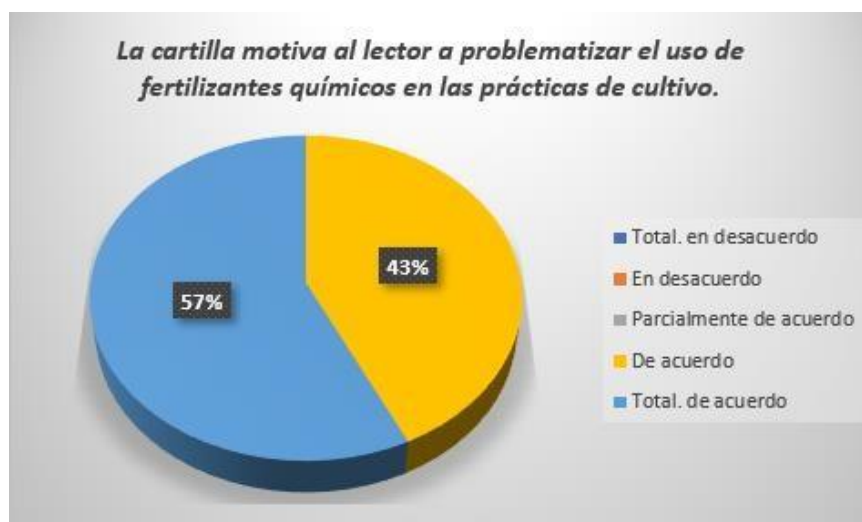


Figura 93. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion con la octava a afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M7 es material que se aborda de manera local, de forma que permite el uso o implementación desde el hogar o espacios alternativos, en el contexto de lo sustentable, donde precisamente se involucran, cuestionan los beneficios y/o efectos del uso de diferentes practicas de cultivo; por lo anterior por medio de las imágenes, de los QR se amplia esta problemática

M6 La cartilla presenta de manera clara las ventajas de los fertilizantes caseros y desventajas y daños ambientales que causan los fertilizantes químicos, los códigos QR son un muy buen apoyo para las explicaciones.

M3 Si, ya que explica cuales son las consecuencias del uso de dichos fertilizantes y las ventajas del uso de micorrizas como biofertilizantes.

*Justifique su anterior respuesta **

M1 sí, proponiendo alternativas como los biofertilizantes

Figura 94. Justificación de algunos maestros frente a la octava afirmación.

Dentro de la afirmación número nueve, *la cartilla permite evidenciar las ventajas de los biofertilizantes a base de micorrizas en prácticas de cultivo* se evidencia que al utilizar fotografías se ve la diferencia del uso de fertilizando químicos y biofertilizantes a base de micorrizas en un cultivo determinado, además muestra de manera clara cada una de las fases de crecimiento y las diferencias al utilizar los dos tipos de fertilizantes. Además, se menciona que se contrasta las consecuencias del uso de fertilizantes químicos con las ventajas del uso de micorrizas como biofertilizantes. Y en cuanto la apuesta por el bioensayo se dice que este permite evidenciar la apreciación cualitativa del proceso de crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate. Dentro de esta afirmación los maestros indican estar totalmente de acuerdo con un 57% y un 43% de los maestros están de acuerdo (Ver figura 95).



Figura 95. Porcentaje de aprecian por parte de los maestros en relacion a la novena a afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M1 da cuenta de los beneficios a nivel simbiótico, de uso biotecnológico, de las características del suelo y demás condiciones o recursos ventajosos para estas practicas

*Justifique su anterior respuesta **

M5 Si, ya que contrasta las consecuencias del uso de fertilizantes químicos con las ventajas del uso de micorrizas como biofertilizantes.

*Justifique su anterior respuesta **

M7 La autora de la cartilla evidencia con fotografías micros y macro la diferencia en el crecimiento de una misma especie de planta utilizando fertilizando químicos y biofertilizantes a base de micorrizas. Además muestra de manera clara cada una de las fases de crecimiento y las diferencias al utilizar los dos tipos de fertilizantes.

Figura 96. Justificación de algunos maestros frente a la novena afirmación.

Por último, en la afirmación número diez *la cartilla rescata las actividades prácticas para la configuración del conocimiento*, se obtuvo como resultado que el 57% de los maestros están totalmente de acuerdo con la afirmación, mientras que, el 29% está de acuerdo y un 14% parcialmente de acuerdo (Ver figura 97). Dentro de las justificaciones se encuentra que la cartilla evidencia la experiencia desarrollada por la autora para comprobar la eficiencia de biofertilizantes a base de micorrizas en el cultivo de tomate chonto, incentivando a generar cultivos de manera casera con elementos que se tienen a la mano, configura el conocimiento a partir del acercamiento a la realidad y motiva a replicar la experiencia en espacios de aprendizaje como la escuela o el hogar. La información que se presenta es adecuada para trabajar en distintos niveles de aprendizaje. Además, realiza un aporte valioso al incluir saberes ancestrales para los cultivos (Ver figura 98).

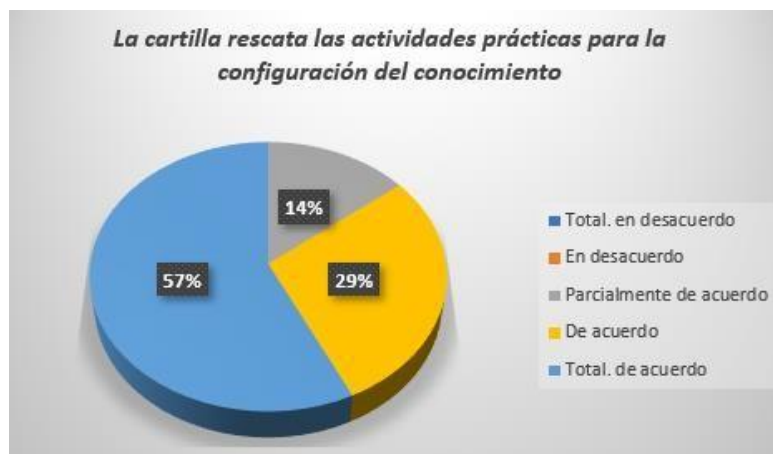


Figura 97. Porcentaje de apreciación por parte de los maestros en relación a la décima afirmación. Elaborado por autora.

*Justifique su anterior respuesta **

M1 Es interesante las propuestas del laboratorio, propicia el conocimiento experimental

*Justifique su anterior respuesta **

M3 para la construcción de conocimiento, si. sin embargo cuando se plantea de una manera colectiva resulta ser de mayor significancia

*Justifique su anterior respuesta **

M6 Es importante que este la práctica y lo teórico y esta propuesta da cabalidad en su totalidad a la práctica y posibilitar una enseñanza significativa

*Justifique su anterior respuesta **

M7 La cartilla evidencia la experiencia desarrollada por la autora para comprobar la eficiencia de biofertilizantes a base de micorrizas en el cultivo de tomate chonto, incentivando a generar cultivos de manera casera con elementos que se tienen a la mano, configura el conocimiento a partir del acercamiento a la realidad y motiva a replicar la experiencia en espacios de aprendizaje como la escuela o el hogar. La información que se presenta es adecuada para trabajar en distintos niveles de aprendizaje. Además realiza un aporte valioso al incluir saberes ancestrales para los cultivos.

Figura 98. Justificación de algunos maestros frente a la décima afirmación.

Para finalizar se les pregunto a los maestros si se *¿Encuentra alguna dificultad en la comprensión de la temática y de las prácticas como lo presenta la cartilla?* a lo que la mayoría contestó que no, señalando que las temáticas se presentan de una manera muy clara, que es necesario como docentes de biología trabajar para dar a conocer esta problemática, o no se encuentra dificultad en cuanto a la temática. Pero si se recomienda que se relaciona continuamente el bioensayo a través de desarrollo de la cartilla y mejorar algunas actividades en relación con su claridad y lenguaje técnico (Ver figura 99).

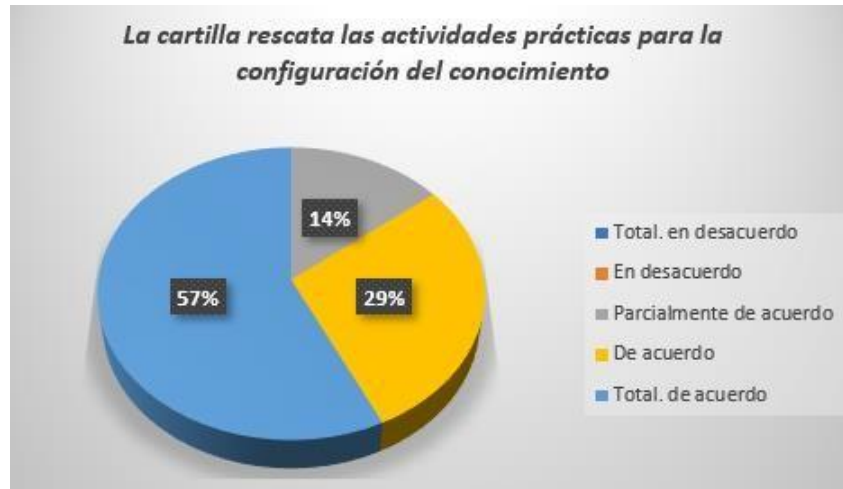


Figura 99. Porcentaje a apreciación de los maestros en relación con la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla.

¿Encuentra alguna dificultad en la comprensión de la temática y de las prácticas como lo presenta la cartilla?

- M1** No, las temáticas se presentan de una manera muy clara, considero que se constituye como una herramienta valiosa para el fortalecimiento del conocimiento científico en la escuela a partir de ejercicios prácticos.
- M3** No se encuentra dificultad en cuanto a la temática, que dificulte la identificación de los ejes central de la cartilla, pero del apartado de práctica si, es necesario en el desarrollo ubicar al lector si el ejercicio cómo será. Ya que al principio se hace la introducción de cómo reconocer las partes, proceso de siembra, se deja luego de lado, y se retoma solo al final. A modo de sugerencia, se puede hacer alusión nuevamente a la práctica de siembra en el ejercicio de diseño experimental y proponer su seguimiento en paralelo con las observaciones de los resultados obtenidos.
- M7** Es un trabajo muy bueno, es necesario como docentes de biología trabajar para dar a conocer esta problemática.

Figura 100. Justificación de algunos maestros frente a la pregunta de dificultades en la comprensión de la cartilla.

En las observaciones y/o aspectos a mejoras los maestros encuestados indican que es necesario aclarar los conceptos biológicos, revisar la resolución de algunas imágenes, resaltar las palabras clave del tema explicado, considerar un tono de letra más claro, entre otros comentarios relacionados con la estética en general. También se resalta la pertinencia de la cartilla para ser aplicada en estudiantes de bachillerado y lo importante de articular teoría con práctica (Ver figura 101).

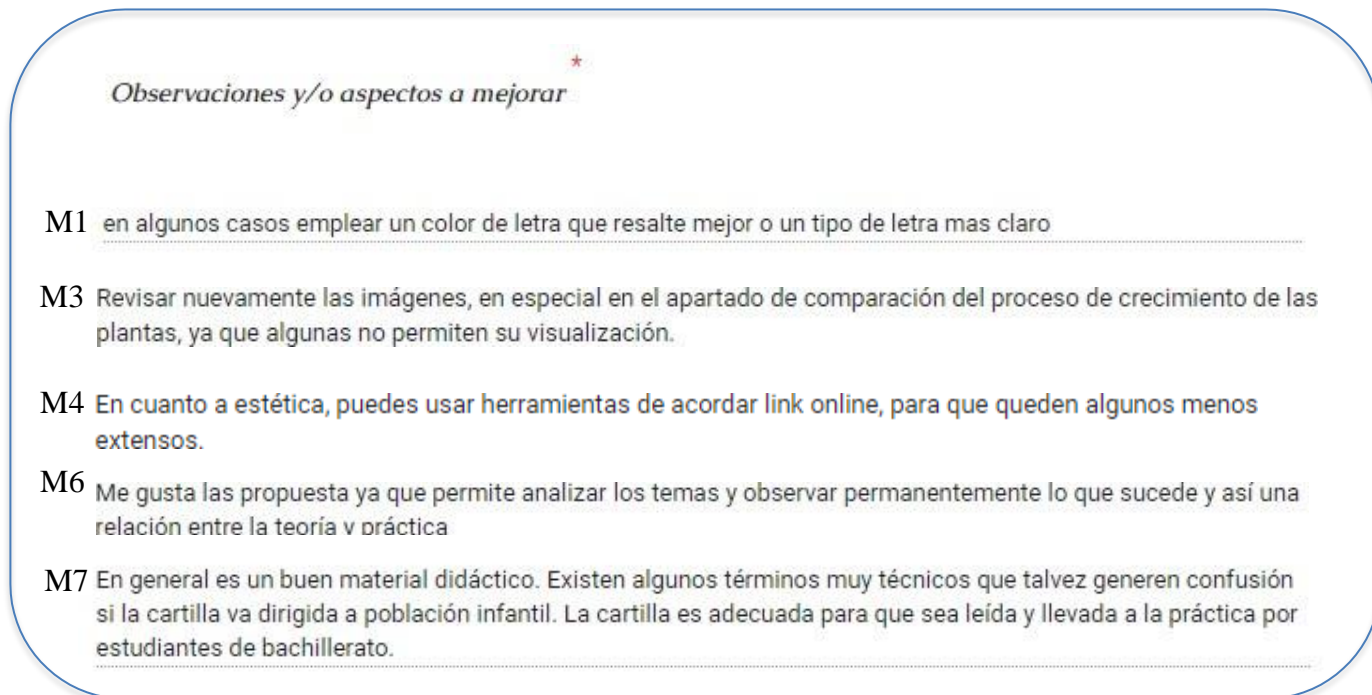


Figura 101. Algunas observaciones y aspectos a mejorar por parte de los maestros frente a la cartilla.

8.4.3 Comparativo de resultados entre maestros y estudiantes

Se encontró que la cartilla tiene una buena aceptación por parte de los estudiantes principalmente en cuanto a la organización del contenido y lo detallado de su explicación, esto seguido de la claridad de los conceptos biológicos apoyados en la pertinencia de integrar un glosario en la cartilla, al igual que, el uso de imágenes que complementa al texto y la sugerencia de indicar un poco más sobre alguna temática con el uso de los códigos QR. De igual manera se encuentra una buena aceptación del bioensayo entre los estudiantes, ya que estos mencionan que es un buen apoyo para reconocer las ventajas de las micorrizas como biofertilizantes y se refleja la problemática del uso de los fertilizantes químicos en las prácticas de cultivo para así proponer

alternativas amigables con el ambiente.

Así pues, los estudiantes opinan que las actividades presentadas en la cartilla también resultan del agrado de los estudiantes ya que se menciona su importancia en el proceso de aprendizaje, al reforzar los contenidos explicados en cada apartado, su sencillez y sus relación con el aprendizaje práctico. Complementando así que la cartilla es muy manejable, con un diseño acorde a la temática, completa, con un diseño llamativo y procura procesos de asociación.

Por otro lado, la aceptación por parte de los maestros se centran en una crítica educativa, se evidencia que la cartilla tiene un buen grado de favorabilidad en cuanto a la organización y secuenciación de los contenidos, su claridad, la pertinencia del uso de imágenes y el glosario como herramientas de apoyo al contenido, la imperforación de prácticas de laboratorio y el bioensayo para el reconocimiento de las micorrizas como biofertilizantes, la problematización del uso de fertilizantes químicos, la integración de conocimiento a partir de la teórica y la práctica.

Dentro de las sugerencias más recurrentes, los maestros mencionaban la necesidad de reconocer la población a la cual se dirige la cartilla, ya que varios de ellos mencionan la complejidad de algunos conceptos biológicos mencionados en la cartilla, así como la necesidad de hacer más explícito la explicación de algunas actividades si estas se piensan hacer de manera autónoma.

De manera general, se considera que el contenido de la cartilla tiene una buena acogida dentro de los dos grupos de población encuestadas, al igual que su diseño y su fortalecimiento en el aprendizaje por medio de la práctica y la reflexión del uso de fertilizantes químicos, al igual que el reconocimiento de las micorrizas como alternativa biológica y el bioensayo como medio de aprendizaje práctico y teórico.

9. Conclusiones

El uso de fertilizante biológico a base de hongos formadores de micorrizas de los géneros *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Entrophospora* sp. y *Scutellospora* sp. resultan ideales para su uso

en proyectos de agricultura de *Lycopersicum esculentum* (Tomate chonto) ya que, facilitan el mantenimiento y cuidado de un cultivo en temas de deficiencia nutricional, permitiendo a la planta superar periodos de estrés físico y ambiental.

Las micorrizas son una alternativa al uso intensivo de agroquímicos ya que éstas mejoran la efectividad de la asimilación de nutrientes y resistencias por parte de las plantas. Aportando a la sostenibilidad del ambiente mitigando los contaminantes del suelo y el uso intensivo de agroquímicos de difícil asimilación para la planta.

La concentración ideal de fertilizante biológico SAFER Micorrizas M.A base de hongos formadores de micorrizas para una planta de *Lycopersicum esculentum* es de 0,5 g por planta en una maceta de 45cm x 25 cm

Los fertilizantes biológicos resultan ser de un mejor manejo y aplicación, para principiantes o aficionados de la agricultura ya que los fertilizantes químicos si no se conoce la concentración indicada y recomendada para cada tipo de planta y cada tipo de área a cultivar se puede llevar a la planta a una fase de saturación de nutrientes y por consecuencia su muerte prematura.

El bioensayo facilito la elaboración de la cartilla “*Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz*”, ya que permite al maestro cuestionarse la pertinencia de los contenidos, evaluar las herramientas educativas que ejemplifiquen la temática, relacionar y afianzar contenido previo o venidero y promover la enseñanza desde el interés particular o colectivo.

La enseñanza de micorrizas en espacios educativos formales o no formales permite interrelacionar una serie de contenidos biológicos, sociales y ambientales que por medio de su implementación hacen del contenido cercano y reflexivo.

La cartilla *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz* presentó una acogida favorable por parte de los estudiantes del Seminario de Biología de Hongos-UPN en cuanto a su diseño, el uso de imágenes, lenguaje sencillo y contenido, resultando favorable para su aplicación agrícola en esta población.

La cartilla *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz* presenta una acogida favorable por parte de maestros al proponer un proceso enseñanza desde lo práctico, el cual permite trabajar desde los aspectos cercanos de los estudiantes y su integración con las temáticas propias de la biología y su relación con los aspectos ambientales.

10. Recomendaciones

En próximos bioensayos con micorrizas se debe tener en cuenta la relación de las micorrizas con los abonos orgánicos y los fertilizantes químicos ya que, estos son dos factores que inciden en el desarrollo y crecimiento de los hongos formadores de micorrizas y por ende dependen de su relación con la planta inoculada.

Para la identificación y aislamiento de esporas de los géneros de micorrizas *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Entrophospora* sp. y *Scutellospora* sp se recomienda recoger una muestra del sustrato superficial y cercano a las raíces de una planta previamente inoculado para ampliar las posibilidades de observación.

En el bioensayo se encontró que las plantas inoculadas con micorrizas presentaban una mayor resistencia al ataque de insectos en comparación con las plantas que no fueron biofertilizadas; por ello, se podría considerar investigar la resistencias de las plantas inoculadas con micorrizas a variedades de fitopatógenos.

Se sugiere aplicar la cartilla *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz* con variedad de cultivos de interés para evidenciar la efectividad del fertilizante biológico, lo cual permitirá realizar ejercicios de análisis y reflexión encaminados al reconocimiento de las alternativas biotecnológicas en el área de la enseñanza.

Para identificar la viabilidad educativa de la cartilla *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz* es necesario la conformación de semilleros de investigación encaminado a realizar el proceso práctico de implementación y elaboración de un cultivo, siguiendo las recomendaciones de la cartilla, que dé cuenta de la implementación de las micorrizas como fertilizantes biológicos.

Consultar la pertinencia de la cartilla *Micorrizas arbúsculares, un mundo al interior de la raíz* con grupos de poblaciones alternativos para evidenciar su viabilidad en procesos de aprendizaje autónomos o con poblaciones de diferentes rangos de educación y de edad, identificando así sus fortalezas y debilidades en el campo de la enseñanza y aprendizaje.

Referencias

Montaño, N.M., Sandoval, A.L., Camargo, S. L. y Sánchez J. M. (2010). Los Microorganismos: pequeños gigantes. Elementos: Ciencia y cultura, Vol. 17, Núm. 77, febrero-abril, 2010, pp. 15-23 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla México. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

López, C. S. (2019). Otro uso importante de los hongos. Tecnología en marcha. Vol. 32-2. Abril-Junio. Pag 82-90. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.435>

Gómez, A. L., Víctor Olalde Portugal, V. O., Rubí, M. y Rogelio Contreras R. A. (2007-2008). MICORRIZAS ARBUSCULARES. Ciencia Ergo Sum. Vol. 14-03 noviembre-febrero, págs. 300-306. Universidad Autónoma del Estado de México. https://www.researchgate.net/publication/26493794_Micorrizas_arbusculares.

Baeza, O. M., Cuenca, M. T., Pazos, M. C., y Roa, M. J. (2018). La cartilla: material didáctico desde las ciencias naturales como herramienta de apoyo para el fortalecimiento de la oralidad en niños de ciclo I del CED Jairo Aníbal Niño. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1401&context=maest_docencia

Foresto, E. y Belén, R. (2020). Acercamientos a la conceptualización de la botánica: Un estudio con ingresantes de Ingeniería Agronómica. Bio-grafía, 13(25), 111-123. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.13.num25-1232>

Camargo, S.I., Montaño, N.M., De la Rosa, C.J. y Montaño S.A. (2012). MICORRIZAS: UNA GRAN UNIÓN DEBAJO DEL SUELO. Revista Digital Universitaria. Volumen 13-7. <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Jiménez, R.C. y Núñez, A.A (2013). Diversidad de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) a. camus) en suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos-Departamento de Sucre. [Trabajo

de grado, Universidad de Sucre]. Repositorio institucional UNISUCRE:
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/570/T589.2%20J61.pdf;jsessionid=9499ABFA7DAD2409D5A50E7968605200?sequence=1>

Romero, J. (2015). Las micorrizas arbusculares: alternativa como biofertilizante para la conservación de la microbiota nativa del suelo colombiano. [Monografía de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio UniAndes.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/18278/u721950.pdf?sequence=1>

Godoy, P., Cortés, A., Finkelievich, J., Frola, C., et al. (2019). Infecciones Fúngicas Sistémicas MANUAL PRÁCTICO. 3a edición. Editorial recursos fotográficos: Diseño, edición: recfot Alfredo E. Benito http://circulomedicocba.org/wp-content/uploads/2020/02/Manual-de-Micologia-3ra-edicion_final.pdf#page=11

De Granada, E., De Restrepo, M., De Gutiérrez, B., De Amézquita, M., Zapata L.A., Chingana, A. y Sabogal, S. (2003). *Morfología y clasificación de los hongos*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79887/Morfolog%c3%ada%20y%20clasificaci%c3%b3n%20de%20los%20hongos.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Jiménez, H.M. (2018) Estudio De La Diversidad y Taxonomía De Hongos Como Estrategia para La Enseñanza De La Biología. Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza Vol. 11 No. 21. pp. 111–116.

Bagyaraj, J.D y Stürmer S.L. (2011). Manual de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. Capítulo 7. Hongo micorrizógenos arbusculares (HMA). Primera edición.

http://189.240.101.244:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/217/667_2012_Manual_biologia_suelos_tropicales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Spain, J.L., Sieverding, E. y Oehl, F. 2006. Appendicispora: a new genus in the arbuscular micorrhiza-forming Glomeromycetes, with a discussion of the genus Archaeospora. Mycotaxon

vol 97, pp. 163-182 https://www.researchgate.net/profile/Fritz-Oehl/publication/228505349_Appendicispora_A_new_genus_in_the_arbuscular_mycorrhizaforming_Glomeromycetes_with_a_discussion_of_the_genus_Archaeospora/links/0046353cca54647e7f000000/Appendicispora-A-new-genus-in-the-arbuscular-mycorrhiza-forming-Glomeromycetes-with-a-discussion-of-the-genus-Archaeospora.pdf

Aldaneci, A.S. [ediyt] (2013). Microbiologías Agrícola Un aporte de la investigación argentina. Segunda edición. Tucumán: Magna Publicaciones. https://www.researchgate.net/profile/Ada-Albanesi/publication/281348333_Microbiologia_Agricola_Un_aporte_de_la_Investigacion_en_Argentina_2_Edicion_2013/links/55e37deb08aeb1a7cc9d00d/Microbiologia-Agricola-Un-aporte-de-la-Investigacion-en-Argentina-2-Edicion-2013.pdf

Chavarría, M., Uribe, L. y Bolaños, A. (2005). Agronomía Costarricense. Revista de Ciencias Agrícolas Vol. 29 (3): 143-144. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n03_143.pdf.

Afanador Barajas, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65–76. Recuperado a partir de http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2353

Ismail, E. G., Walid, W. M., Salah, K. y Fadia E. S. (2014). Effect of manure and biofertilizers on growth, yield, silymarin content, and protein expression profile of *Silybum marianum*. *Advance in Agriculture and Biology*, 2 (1), 36-44. https://www.researchgate.net/publication/313837624_Effect_of_Manure_and_Bio-fertilizers_on_Growth_Yield_Silymarin_content_and_protein_expression_profile_of_Silybummarianum

López, O. (2006). Los medios y materiales educativos. Facultad de Ciencia Histórico Social y Educación. Segunda edición. <https://es.slideshare.net/tatiandradesanchez/los-mediosymaterialeseducativos12295699121441242>

Cruzat, S. (2009). Materiales didácticos en organizadores visuales. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/17288813/MATERIALES-DIDACTICO>

Simonit, J. (2009). *Materiales educativos*. Recuperado de <http://coleccion.educ.ar>

Verdugo, B. (2012) Propuesta de elaboración de una cartilla didáctica para el uso adecuado de los medios de comunicación en el proceso de enseñanza aprendizaje en los niños y niñas del sexto año de educación básica de la escuela Dr. “Nicolás Muños Dávila” de la comunidad de Yanacocha, del cantón biblian, provincia del cañar durante el año electivo 2011-2012. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3221/1/UPS-CT002514.pdf>

Herrera, G. (2013). Las cartillas de primeras letras en la educación colombiana-Escuela Normal Superior de Copacabana en Hans-werner (ed). DIDÁCTICA DE LA LENGUA – ORALIDAD, LITERACIDAD Y EL ESPACIO (INTER)CULTURAL p7-20 <https://d-nb.info/1125456558/34>

Alzate, E.A. y Herrera I.A. (2017). Diseño e implementación de una cartilla educativa como estrategia didáctica para el reconocimiento del rol ecológico de los Macromycetos. Una iniciativa para la conservación del Humedal la Conejera con los estudiantes del Colegio IED Tibabuyes Universal [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio UPN:<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10793/TE-21563.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campo, M. (2012), “20 puntos sobre desarrollo de cartillas pedagógicas” elaborados en el marco del Taller de Producción de Materiales Gráficos de la Carrera de Comunicación Social del Instituto de Tiempo Libre y Recreación de la Ciudad de Buenos Aires.

Alarcón, A. y Ferrera, R. (2003). Aplicación de fósforo e inoculación de hongos micorrizicos arbúsculares en el crecimiento y estado nutricional de Citrus Volkameriana Tan & Pasq”. Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 1, enero-marzo, 2003, pp. 91-99 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Mujica, Y., Noval, B. y Amico, J. (2010). Respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de dos inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares por vías diferentes de inoculación.

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. *AgronomíaTrop.* v.60 n.4 Maracay oct. 2010. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400008

Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

Hernández, A. y Monrroy, M. (2017). Caracterización de hongos micorrícicos arbúsculares asociados a tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) En el Yopal (Casanare), Colombia. Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias programa de Ingeniería Agronómica. Facatativá.

Rivera, Y., Galindo, T., Caicedo, A., Navia, E. y Romero, H. (2014). Hongos Formadores de Micorrizas Arbúsculares (HFMA) en palma de aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma, cofinanciada por Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero. Boletín Técnico No. 35.

Pérez, A., Espitia, F. y Martínez, E. (2012) Diversidad de micorrizas arbúsculares en agroecosistemas de pastura del Departamento de Sucre. Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo Bioprospección Agropecuaria. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 4(2):333-343,2012 <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/214>

Méndez, S., Esquivel, R. y Ochoa, W. (2021). Indicadores de colonización de hongos micorrizicos arbúsculares en papa (*Solanum tuberosum* L. J. Selva Andina Biosph. vol.9 no.1 La Paz. Perú. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592021000100053&script=sci_arttext

Rodríguez, E.A. (2009). Efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización sobre la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca. [Tesis, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75272/8106007.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, U. A., Ramírez, M., Serralde, D.P., Peñaranda, A.M., Wilches W.A., Ramírez, L. y Rengifo, G.A. (2019). Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) como estrategia para reducir la absorción de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao*). *Terra Latinoamericana* 37: 121-130. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.479>

Tirado, P.A. (2017). Presencia de esporas de hongos micorrízico arbusculares en suelos del Bosque Alto Andino, Parque Natural Chicaque. [Trabajo de Grado, UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS] Repositorio Udistrial: <https://repository.udistrial.edu.co/bitstream/handle/11349/22285/MonteroOrdo%c3%bl1ezDannaAstridKaterin2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, U.A., Ramírez, M.M., Núñez, V.M., Correa, M.F. y Roveda, G.R. (2012). Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*, Benth). *Universitas Scientiarum*. Vol. 17 N° 2: 140-151. <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v17n2/v17n2a02.pdf>

Montoya, J. A., Sánchez, L. y Torres, P. (2011). Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas? *Revista Ciencia y Mar* XV, (43): p.61-70. 7.pdf (unam.mx).

FAO, I., & IFA, A. (2002). Los fertilizantes y su uso. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>

Alvarado, M.; Díaz, A. y Peña de Río, M. (2014). Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. Vol. 5 N° 3 Texaco. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-0934201400030001

Romero Ivica, R. D. (2015). Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la etapa de adaptación a condiciones ex vitro de plantas micropropagadas de mora (*R.glaucus*) [Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/251>

Moreira, M. A. Costales, J. M. C., Oliveres, M. C., Acosta, R. D., Indiano, M. D. F., Pérez, C. G. R., ... & Pairet, E. B (2010). *Materiales y recursos didácticos en contextos comunitarios* (Vol. 12). Graó.

Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Revista do Centro de Educação*, 31 (1), 11-22. <https://www.redalyc.org/pdf/1171/117117257002.pdf>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Capítulo 17 – Enfoque Mixto. Editorial Mc Graw Hill Education. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Moreno F. L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179–191. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11131>

Rendón, Y., Mancipe, C., Andrade, V., Bello, G., Sánchez, J., Campos, S., & Rivera, H. (2013). CARACTERIZACIÓN DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN MAÍZ (VAR. ICA-508) DE CAJICÁ (COLOMBIA). *Suelos Ecuatoriales*, 43(1), 29-34. Recuperado a partir de http://www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/51