

MICORRIZAS ARBUSCULARES EN SIMBIOSIS CON VARIEDADES COMERCIALES DE
MORA Y ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* sp., EN CUATRO FINCAS EN EL
MUNICIPIO DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.

ANA ADELAIDA BECERRA CAICEDO

LEIDY YOHANA LEAL MONTES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PAMPLONA

2019

MICORRIZAS ARBUSCULARES EN SIMBIOSIS CON VARIEDADES COMERCIALES DE
MORA Y ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* sp., EN CUATRO FINCAS EN EL
MUNICIPIO DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.

ANA ADELAIDA BECERRA CAICEDO

LEIDY YOHANA LEAL MONTES

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título en
Ingeniería Agronómica

Director

Francisco Rodríguez Rincón, Biol., M.Sc, Ph.D
Profesor Titular Universidad de Pamplona.

Cotutor

Leónides Castellanos, M.Sc., PhD.
Profesor asociado Universidad de Pamplona.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PAMPLONA

2019

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y a mi familia, por cada uno de sus consejos, quienes me apoyaron moralmente, me dieron el apoyo de salir adelante con mis estudios, por cada uno de sus esfuerzos invaluable para darme la posibilidad de ser alguien en la vida como profesional y así poder lograr mis metas.

Ana Becerra Caicedo

A Dios por darme la sabiduría e inteligencia en todo mi proceso de formación académica, por las bendiciones derramadas en mí y en mi familia.

A mis padres Pedro Ramón Leal y Rosalba Montes, quienes me inculcaron valores y brindaron su apoyo, por estar a mi lado, por ser mi motivación, porque gracias a su infinito amor, apoyo, comprensión, fortaleza, educación he conseguido muchos objetivos a lo largo de mi vida.

A mis hermanas y hermanito por ser mi motivación y apoyo para esforzarme y pasar cualquier obstáculo para lograr mis sueños.

A mis familiares en especial a mi tía Ana Gertrudis Leal por su gran apoyo incondicional en todo momento de abundancia y en la adversidad.

A cada uno de mis docentes por portar de su conocimiento para fortalecerme crecer más como persona y lograr ser profesional.

Yohana Leal Montes

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien nos fortaleció de sabiduría y paciencia en culminar con éxito nuestra carrera profesional,

Nuestros sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones: A nuestras familias por su apoyo incondicional, Universidad de Pamplona, por las enseñanzas recibidas en las aulas y a todos los docentes del Programa de Ingeniería Agronómica, que contribuyeron de una u otra manera en nuestra formación académica y profesional que nos brindaron unas nuevas enseñanzas para contribuir en nuestra vida cotidiana.

A los Profesores Francisco Rodríguez y Roberto Sánchez, de los Departamentos de Microbiología y Biología respectivamente, de la Universidad de Pamplona, por su colaboración y su guía constante para la culminación con éxito de este estudio.

Gracias al profesor Leónides castellanos por brindar su apoyo, colaboración, por sacar parte de su valioso tiempo, enfocado para la culminación del presente trabajo.

A los productores de Mora Pedro Ramón Leal Rangel, Irmis Jaimes, Soraida Jáuregui y Anatolio Suarez de la Asociación de Productores Integrados y Rurales, ASPRI, por habernos permitido realizar nuestro proyecto y brindarnos su colaboración.

A la Sra. Ana Gertrudis Leal que aparte de ser tía, amiga y compañera, siempre nos aconsejó y nos brindó su apoyo de seguir adelante con este proyecto, por sus palabras de aliento “que en los momentos de debilidad siempre hay una forma o un obstáculo que debes derribar, pasar y luchar para lograr un éxito”.

A nuestros padres: José Antonio Becerra Leal, María Oliva Caicedo Jaimes y Pedro Ramón Leal Rangel, Rosalba Montes Jaimes, por brindarnos su apoyo incondicional en nuestra carrera, por inculcarnos valores, enseñanzas, y formas de ver la vida como ellos no tuvieron esa oportunidad de estudiar para ser una persona profesional. Gracias a ellos que lucharon por sacar adelante la familia y quieren ver en nosotras unas personas que luchan por su sueño.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1	2
1. Problema	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3. Delimitación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2.....	6
2. Marco referencial	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco contextual.....	8
2.2.1 El Departamento Norte de Santander	8
2.2.2 La Provincia de Pamplona.....	9
2.3 Marco teórico	10
2.3.1. El género <i>Rubus</i>	10
2.3.2 Produccion del cultivo de mora	12
2.3.3. Micorrizas.....	16

2.3.4. Tipos de micorrizas	17
2.3.5 Micorrizas arbusculares.....	19
Capítulo 3.....	20
3. Metodología	20
3.1 Reconocimiento de especies y variedades de Mora comercial y silvestre	20
3.2 Identificación de las esporas de micorrizas arbusculares aisladas de suelos cultivados con las variedades de mora comercial y de suelos con especies silvestres de <i>Rubus</i>	21
3.3. Cuantificación de la concentración de esporas aisladas de micorrizas arbusculares presentes en los suelos cultivados con mora y de rizósfera de especies silvestres de <i>Rubus</i>	21
3.4 Cuantificación del nivel colonización de las raíces de <i>Rubus</i> comerciales y especies silvestres por hongos formadores de micorrizas arbusculares	23
Capítulo 4.....	26
4. Resultados y discusión	26
4.1. Características identificativas para el reconocimiento de las variedades comerciales y de especies silvestres de <i>Rubus</i> en cuatro fincas del Municipio de Pamplona.	26
4.2 Morfotipos de micorrizas arbusculares presentes en suelos cultivados con mora y en suelos con especies silvestres de <i>Rubus</i> en cuatro fincas del Municipio de Pamplona.	32
4.3. Concentración de esporas de micorrizas arbusculares presentes en los suelos cultivados y de zonas boscosas.....	39
4.4 Micorrización en cultivos de Mora y en especies silvestres de <i>Rubus</i> en cuatro fincas del Municipio de Pamplona	40

Conclusiones.....	49
Recomendaciones	50
Referencias.....	51
Anexos	57

Lista de tablas

Tabla 1 Localización geográfica de las zonas de muestreo en el Municipio de Pamplona.....	20
Tabla 2 Taxa de micorrizas arbusculares encontradas en especies de <i>Rubus</i> en las veredas Sabaneta Baja, Sabaneta Alta y San Francisco del Municipio de Pamplona, Norte de Santander.....	33
Tabla 3 Análisis de porcentaje de micorrización en variedades comerciales.....	42
Tabla 4 Análisis de porcentaje de micorrización en las fincas.....	42
Tabla 5 Análisis de porcentaje de colonización en la interacción entre las variedades comerciales y fincas.....	43
Tabla 6 Análisis de porcentaje de micorrización de las variedades comerciales y especies silvestres.....	45
Tabla 7 Análisis de porcentaje de micorrización en las finca El Pino y La Esmeralda.....	45
Tabla 8 Análisis de porcentaje de micorrización de interacción entre variedades comerciales, especies silvestres y fincas.....	46

Tabla 9 Análisis de porcentaje de micorrización entre las especies silvestres.....	47
--	----

Lista de figuras

Figura 1. Mapa del Municipio de Pamplona y sus veredas.....	4
Figura 2. Esquema de los tipos de Micorrizas.....	18
Figura 3. Ejemplares de <i>Rubus</i> , en el Herbario Catatumbo- Sarare de la Universidad de Pamplona.....	28
Figura 4. <i>R. alpinus</i>	29
Figura 5. <i>R. urticifolius</i>	29
Figura 6. <i>R. floribundus</i>	30
Figura 7. <i>R. glaucus</i>	30
Figura 8. <i>Rubus aff alpinus</i>	31
Figura 9. Diversidad de morfotipos finca El Pino.....	35
Figura 10. Diversidad de morfotipos finca La Esmeralda	36
Figura 11. Diversidad de morfotipos finca El Salado.....	37
Figura 12. Diversidad de morfotipos finca El Recuerdo.....	37
Figura 13. Total de esporas en un gramo de suelo de cada una de las fincas de las variedades comerciales y silvestres de <i>Rubus</i> sp.....	39
Figura 14. Estructuras de los HMA en las plantas de Mora a) Hifas, b) vesículas, c) arbusculos.....	41

Lista de anexos

Anexo 1. Preparación de solución de sacarosa al 72%	57
---	----

Anexo 2. Observación microscópica de las esporas de micorrizas arbusculares encontradas en la plantas de <i>Rubus</i> sp.....	57
Anexo 3. Preparación de azul de Tripano.....	57
Anexo 4. Preparación de solución montaje de esporas.....	58
Anexo 5. Reconocimientos de especies y variedades de Mora comercial y silvestre de <i>Rubus</i> sp.....	58
Anexo 6. Características fenotípicas de las esporas de micorrizas arbusculares encontradas en la plantas de mora de a vereda Sabaneta y San Francisco del Municipio de Pamplona Norte de Santander.....	59
Anexo 7. Morfotipos encontrados en cada una de las fincas.....	60
Anexo 8. Cuantificación de esporas en muestra de 50g de suelo <i>Rubus</i> sp.....	68
Anexo 9. Datos para el análisis estadístico.....	69

Resumen

Este trabajo se realizó en las veredas Sabaneta Baja, Sabaneta Alta y San Francisco del Municipio de Pamplona, tomando 4 fincas como referencia para nuestra investigación, reconociendo variedades comerciales y especies silvestres del género *Rubus* y sus respectivas características morfológicas, seguidamente se recolectaron las muestras de suelo, raíces en los cultivos de Mora comercial y especies silvestres aledañas a la zona, llevando las muestras al laboratorio para evaluar las siguientes variables: recuento de esporas, identificación taxonómica por características macro-microscópicas de esporas y porcentaje de colonización de HMA. Se reconocieron variedades comerciales (*R. glaucus*, sin espina- con espina y mora Uva) y tres especies silvestres (*R. alpinus*, *R. floribundus*, *R. urticifolius*), se identificaron 47 morfotipos de micorrizas arbusculares distribuidos en las familias Glomeraceae, Diversisporaceae, Acaulosporaceae, Pacisporaceae y Archaeosporaceae, la mayor diversidad de morfotipos se encontró en la finca El Pino, seguido de la finca La Esmeralda, finca El Salado y finca El Recuerdo, el porcentaje de colonización de las micorrizas no varían estadísticamente entre variedades y especies de *Rubus*; sin embargo, si se encontró diferencias significativas entre fincas, siendo la de mayor presencia de micorrización la Finca El Pino y la de menor porcentaje de micorrización la finca El Recuerdo.

Introducción

La función principal de la micorriza es facilitarle a la planta la adquisición y absorción de agua, fósforo y nitrógeno, principalmente; sin embargo, esta asociación proporciona otros beneficios a las plantas, entre los que destacan: la protección ante el ataque de parásitos, hongos patógenos y nematodos, el aumento de su resistencia a plagas, influyendo en la producción de sustancias defensivas por parte de la misma planta, la limitación de la absorción de metales pesados tóxicos como el zinc y el cadmio que son alojados en sus hifas, aumento del área de exploración de la raíz, lo que incrementa el flujo de agua del suelo a la planta, además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados por medio de la adhesión de partículas, contribuyendo a darle estructura y estabilidad al suelo, lo que reduce su erosión y mejora su capacidad de retención de agua (Guadarrama, Sánchez, Álvarez, & Ramos, 2004).

Las asociaciones simbióticas entre raíces vegetales y hongos fueron denominados en 1885 por el patólogo forestal Alemán Frank como micorriza, derivado del griego que traduce raíz fungal. Las micorrizas, de hace muchos años son comunes en arboles forestales, hoy en día se considera como las raíces para la nutrición normal de la mayoría de las plantas incluyendo cereales, hortalizas, plantas ornamentales y árboles (Agrios, 2002).

Azcon & Barea, (1980) reconocen que los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de moderada y baja fertilidad, principalmente por que las hifas externas incrementan la superficie de adsorción, más allá de la zona de agotamiento que rodea a la raíz.

Capítulo 1

1. Problema

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo al Anuario Estadístico 2013 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2006) de Colombia, en el país existen 13.522 hectáreas sembradas con mora, hectáreas cosechadas 11.740, y una producción anual de 98.874 toneladas, con rendimientos promedio a nivel nacional de 8,4 toneladas por hectárea. En producción y rendimiento de mora para el año 2010, se destacaron los departamentos de Cundinamarca, Santander y Antioquia, junto con el Eje Cafetero y Norte de Santander (Torres & Salazar, 2017). En Pamplona, se cultiva mora de castilla *Rubus glaucus* con y sin espinas y la nueva variedad comúnmente llamada “Mora de uva”.

En este Municipio no se ha usado las micorrizas como inoculante microbiano a los cultivos de mora, debido a falta de conocimiento por parte del productor y a la ausencia de información científica de las micorrizas nativas y su diversidad. Según el autor Moncada (2011) las micorrizas arbusculares en las plantas de mora podrían brindar un mejor desarrollo de adaptabilidad a diferentes ambientes, adquisición y absorción de agua, además de protección al ataque parásitos, hongos patógenos y nematodos. Por tal motivo esta investigación se propone identificar los tipos de micorrizas presentes en cultivos de mora y en plantas silvestres de *Rubus*. Con la finalidad contribuir a la búsqueda de utilizar alternativas biológicas para sustituir o disminuir la dependencia a los fertilizantes químicos, los cuales presentan un grave problema de contaminación ambiental. Para ello se reconocieron las especies cultivadas y las especies

silvestres de mora en cuatro fincas de las veredas de Sabaneta Alta, Sabaneta Baja, San Francisco del Municipio de Pamplona y su nivel de simbiosis con las micorrizas.

1.2 Justificación

El conocimiento de cepas nativas de micorrizas arbusculares en suelos cultivados y en suelos con especies silvestres de *Rubus* sp., permitirá dar un aporte científico de su diversidad y potencial aplicación a mediano y largo plazo en la provincia de Pamplona, permitiendo contribuir al uso de prácticas biológicas en la producción de mora en la región.

La aplicación de especies nativas de estos microorganismos, como biofertilizantes en lugar de los fertilizantes químicos, en la zona de estudio aportará beneficios para los productores y para el ambiente, ya que el amonio de los abonos químicos se transforman en nitritos y nitratos, los cuales contaminan los acuíferos, trayendo posibles consecuencias ambientales graves y un alto riesgo para la salud humana y animal.

En el cultivo de mora *Rubus* sp, Moncada (2011) señala los beneficios de las micorrizas sobre la nutrición y el crecimiento de plantas micropropagadas bajo condiciones *ex vitro*, en invernadero o campo, así como la tolerancia a cambios en el ambiente, logrando con mayor eficiencia su desarrollo fisiológico. Estos efectos se ven reflejados en un sistema de raíces más fuerte permitiendo que la planta absorba los nutrientes y tolere estrés ecofisiológicos, Lopez (2016) señala el beneficio de las micorrizas con el aumento de la raíz, mejorando las propiedades fisicoquímicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados por la adhesión de partículas, que le permite dar estructura y estabilidad al suelo reduciendo la erosión y mejor capacidad de retención de agua.

1.3. Delimitación

La zona de estudio de este trabajo está comprendida en las veredas Sabaneta Alta, Sabaneta Baja y San Francisco del Municipio de Pamplona (Figura 1), tomando como referencia cuatro fincas. Estas fincas son productoras de diferentes explotaciones agropecuarias como la crianza de animales (bovinos, avicultura, porcinos) y productos agrícolas como lulo, tomate de árbol, frijol, maíz y especialmente la producción de Mora.

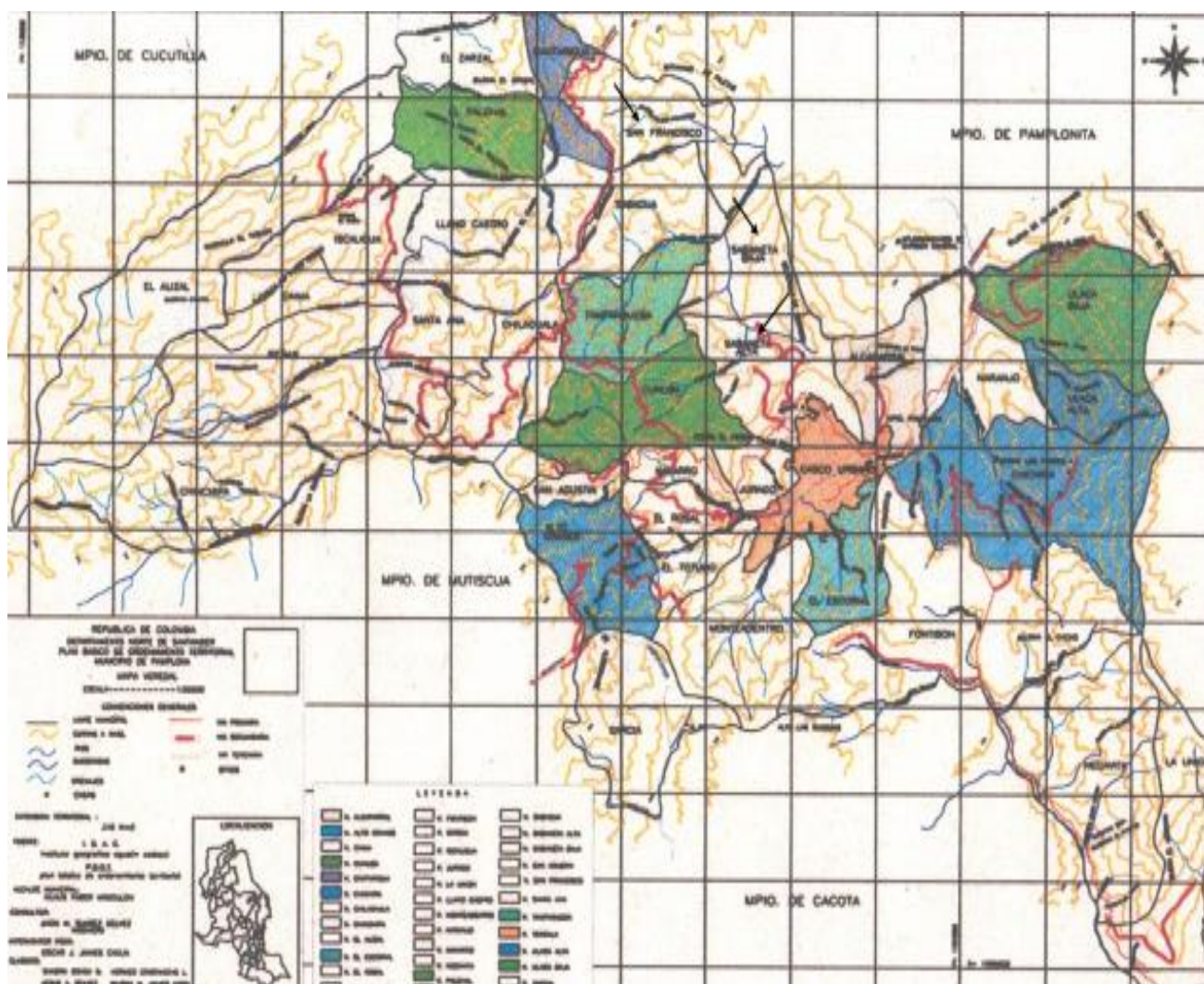


Figura 1. Mapa del Municipio de Pamplona y sus veredas.

Fuente: (Lizarazo, 2016-2019)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Determinar la presencia de micorrizas arbusculares en simbiosis con variedades comerciales de mora y especies silvestres de *Rubus* sp., en cuatro fincas del municipio de Pamplona, Norte De Santander.

1.4.2 Objetivos específicos.

Reconocer las especies y variedades de mora comercial y especies silvestres de *Rubus* en las veredas Sabaneta Alta, Sabaneta Baja y San francisco del Municipio de Pamplona.

Identificar las esporas de micorrizas arbusculares aisladas de suelos cultivados con las variedades de mora comercial y de suelos con especies silvestres de *Rubus*.

Determinar la concentración de esporas aisladas de micorrizas arbusculares presentes en los suelos cultivados y de suelos con especies silvestres de *Rubus*.

Cuantificar el nivel colonización de las raíces de *Rubus* comerciales y especies silvestres por hongos formadores de micorrizas arbusculares.

Capítulo 2

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

En los municipios de Pamplona y Chitagá (Norte de Santander, Colombia), se realizó un trabajo con el fin reconocer las especies cultivadas y silvestres de *Rubus* en los cultivos comerciales de *Rubus glaucus* Benth. Se recolectaron 3-5 especímenes en cada uno de los predios de los agricultores y en los bordes de los caminos. Se seleccionaron plantas con edades entre 9-12 meses de establecidas en las parcelas comerciales y material silvestre con características típicas de *Rubus*, para identificar los descriptores que más contribuían con la diferenciación morfológica entre las accesiones analizadas. Se efectuó un análisis de conglomerados que permitió agrupar las diferentes accesiones por su semejanza o disimilitud. El método utilizado fue de Ward, es un método estadístico que consiste en agrupar las familia de acuerdo las características diagnostica facilitando la identificación de cada una. Obteniendo como resultado la presencia de seis *taxa* diferentes *R. glaucus* Benth (con espinas y sin espinas), *R. alpinus* Macfad, *R. adenotrichos* Schltldl, *R. rosifolius* Sm., *R. bogotensis* Kunth y *R. floribundus* Kunth (Cancino, Sánchez, Quevedo, & Carvajal, 2011).

Estudios hechos han determinado el efecto benéfico que tiene los Hongos Formadores de Micorriza Arbusculares (HFMA) sobre la nutrición y el crecimiento de plantas micropropagadas bajo condiciones ex vitro, en invernadero o campo. En el desarrollo de este trabajo obtuvieron un sistema de micorrización in vitro en sistemas de cultivo autotrófico para plantas de mora castilla (*Rubus glaucus*), evaluándose dos métodos de inoculación directa con el HFMA, *Glomus* sp (GEV02). Se estableció el primer método de desinfección, luego de germinación de esporas

y fragmentos de raíces con vesículas, para *Glomus* sp (GEV02), que permitió su uso bajo condiciones in vitro (Moncada, 2011).

En Tibaitatá, Cundinamarca, se llevó a cabo un estudio con el objetivo obtención de plántulas de tres ecotipos de mora (Monterrico, sin espinas y castilla), procedentes de cultivos *in vitro* inoculados en forma individual y combinada con el Hongo Formador de Micorriza Arbusculares (HFMA) *Glomus* sp (GEV02) y las Rizobacterias promotoras de Crecimiento Vegetal *Pseudomonas migulae* cepa Pf014 y *Bacillus amyloliquefaciens* cepa Bs006. Las variables de crecimiento evaluadas fueron longitud aérea y radical (cm), peso fresco y seco foliar y radical (g), así como volumen radical (cm³) y área foliar (cm²). A nivel simbiótico, se midió el porcentaje de colonización por parte del HFMA obteniendo mejor establecimiento, desarrollo y vigor de las plántulas de mora en los tres ecotipos considerados y se mejoró su supervivencia ($\geq 80\%$) en las etapas de endurecimiento y aclimatación (Moncada & Narváez, 2015).

En las regiones de la Amazonia Colombiana Chagras del Sur del trapecio Amazónico y arreglos agroforestales en San José de Guaviare, se caracterizó la población micorrítica asociada a raíces de yuca (*Manihot esculenta*), evaluando diferentes variables como porcentaje de colonización, recuento de esporas, identificación taxonómica por características macro y microscópicas, características fisicoquímicas del suelo y caracterización molecular. En cuanto a los resultados el porcentaje de colonización se encontró colonización de MA evidenciándose un mayor valor en las muestras colectadas en San José de Guaviare, el número de espora por gramo de suelo fue mayor en estas muestras con respecto a las colectadas en Chagras del Sur del trapecio Amazónico, en la identificación taxonómica se encontraron 12 morfotipos en las muestras de Chagras del Sur del trapecio Amazónico y 10 morfotipos en las muestras de San

José de Guaviare con mayor predominancia del género *Glomus*, y en menor porcentaje especies de los géneros *Acaulospora* y *Gispora* (Velandia, 2006).

En la zona rural del Municipio de Dagua, Valle del Cauca, Colombia, se evaluó la estabilidad estructural del suelo y se estimaron la diversidad y la densidad de esporas de HMA presentes en tres sistemas de suelo (erosionado, bosque, cultivo de café). Las fincas se clasificaron en sistemas con manejos intensivos o agroecológicos. Se encontraron 25 morfoespecies de micorrizas agrupadas en 13 géneros, siendo *Glomus* y *Entrophospora* los más representativos. Los valores de los índices de los diámetros geométrico medio (DGM) y ponderado medio (DPM) y la diversidad de esporas de micorrizas fueron significativamente más altos en las fincas clasificadas con manejos agroecológicos que en aquellas con manejo intensivo. Los análisis de estabilidad de agregados revelaron que los suelos erosionados tienen significativamente menor estabilidad que los de bosque y cultivo (Sánchez & Lerma, 2015).

2.2 Marco contextual

2.2.1 El Departamento Norte de Santander

El departamento Norte de Santander es un territorio heterogéneo formado por seis subregiones entre las cuales está la Provincia de Pamplona o región sur occidental con dos municipios Pamplona y Pamplonita, posee variedad de pisos, térmicos y tipos de suelos además de una gran diversidad de accidentes geográficos- Está situado entre los 6°58' y 9°18' de latitud norte y los 72°03' y 73°35' de longitud occidental del meridiano Greenwich, se encuentra al nororiente del país y es atravesado por la cordillera oriental (MADR, 2006).

El departamento tiene una extensión de 22,130 km, que equivale al 1.91% del territorio nacional, se divide en 40 municipios y 108 corregimientos, distribuidas en seis subregiones que

son: Norte; Tibú, Bucarasica, El Tarra y Sardinata; Oriental; Cúcuta, El Zulia, Los Patios, Puerto Santander, San Cayetano y Villa del Rosario; Occidental; Abrego, Cáchira, Convenció el Carmen, Hacarí, La Esperanza, La Playa, Ocaña, San Calixto y Teorema; Centro; Arboledas, Cucutilla, Gramalote, Lourdes, Salazar Santiago y Villacaro; Sur oriental; Bochálema, Chinácota, Durania, Herrán; Ragonvalia, Labateca y Toledo y Sur Occidental o provincia de Pamplona; Cécota, Chitagá, Mutíscua, Pamplona, Pamplonita y Silos, que representan el 2,4% de la superficie total del país y el 10,3% de la Región Andina. (MADR, 2006).

La posición geográfica del departamento y la provincia está ligada a la relación de Colombia con Venezuela, en el intercambio comercial y la captación de recursos financieros entre estos dos países. Un papel destacadísimo ha desempeñado el Área Metropolitana de Cúcuta y los municipios de Herrán y Puerto Santander. Esta proximidad con Venezuela le permite desarrollar cultivos frutícolas con posibilidades de comercialización en este país.

2.2.2 La Provincia de Pamplona.

Está situada en las coordenadas 72°39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7°23' de latitud norte. Pamplona, limita al Norte con Pamplonita y Cucutilla, al sur con los municipios de Cécota y Mutiscua, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla. Posee una extensión total de 318 Km², una altitud de la cabecera municipal de 2.200 metros sobre el nivel del mar y temperatura media 16°C. Distancia de referencia: 75 kilómetros de San José de Cúcuta y 124 kilómetros de Bucaramanga.

La Provincia de Pamplona la conforman los municipios de Chitagá, Cécota, Silos, Mutíscua, Pamplonita y Pamplona, siendo una región netamente agropecuaria y con predominio de lo rural sobre lo urbano (MADR, 2006).

2.3 Marco teórico

2.3.1. El género *Rubus*

El género *Rubus* es el de mayor abundancia en especies del reino vegetal, se encuentran diseminadas en casi todo el mundo, excepto en las zonas desérticas y comprende cerca de 500 especies altamente heterocigotos (Jennings, 1998). En Colombia el género *Rubus*, se estima entre 700 y 750 especies distribuidas en 12 géneros a nivel mundial, es él género de mayor número de especies dentro de la familia Rosaceae. *Rubus* es altamente heterocigoto con un amplio nivel de ploidia (diploide a dodecaploide), adicionalmente varias especies de los subgéneros *Idaeobatus* y *Rubus* son domesticadas y las conforman frambuesas, moras, frutas árticas y frambuesas con flores. El subgénero *Rubus* está ampliamente distribuido en las zonas de alta montaña tropical desde México hasta Ecuador. Las especies de este subgénero son conocidas como las moras de los Andes y se han reconocido 44 especies, nueve comestibles y más de 500 variedades. Las especies determinadas para Colombia incluyen 24 taxa: *R. acanthophyllos*, *R. adenotrichos*, *R. alpinus*, *R. bogotensis*, *R. choachiensis*, *R. compactus*, *R. coriaceus*, *R. eriocarpus*, *R. floribundus*, *R. gachetensis*, *R. glabratus*, *R. glaucus*, *R. guyanensis*, *R. idaeus*, *R. lechleri*, *R. macrocarpus*, *R. megalococus*, *R. nubigenus*, *R. porphyromallos*, *R. robustus*, *R. roseous*, *R. rosifolius*, *R. urticaefolius*, y *Rubus* sp (Cancino et al., 2011).

Económicamente, la mora de castilla, *Rubus glaucus*, es una de las frutas más valiosas cultivadas en el mundo, es originaria de la zona andina tropical alta de América, principalmente en Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador, cultivada en regiones comprendidas entre 1,200 a 3,000 m.s.n.m. Esta es una fruta muy apetecida tanto en el mercado nacional como en el internacional, rica en minerales y vitamina C, así como con un alto contenido de agua, la mora tiene un gran futuro como producto de exportación sin olvidar su alta

perecebilidad, lo que requiere de especiales cuidados durante su cosecha, post- cosecha y transporte (Federacion Nacional de cafeteros de Colombia, 2004).

***Rubus glaucus* Benth:** Planta sarmentosa con ramas semierectas a reclinadas o trepadoras de hasta 3 m de longitud. Con varios tallos que se originan en roseta, usualmente redondeados, con dos variedades, una con aguijones y la otra con remanentes de aguijones atrofiados, tallos glabros, estriados, los adultos son liláceos. Hojas trifoliadas, las juveniles simples a lobuladas, estípulas aciculares de ápices agudos, glabras, hasta 6 mm longitud, menos de 1 mm lat.; peciolo delgado, glabro, terete, de 6 a 14 cm de longitud; folíolos laterales lance-ovados, el central ovado a cordado, papiráceos, base redondeada a levemente cordada en los folíolos centrales, ápice acuminado, margen serrada a crenado-apiculada, glabras por la haz, indumento canescente o color crema por el envés, tricomas rectos, cortos, delgados; venación craspedodroma, con venas secundarias entre 11 y 14 pares, impresas en la haz, prominulas en el envés. Inflorescencias terminales tipo holocaulos monotelicos, con paracladios de primer orden, los de la parte basal, sustentados por forofilos foliosos mientras que los apicales portan forofilos bracteosos, reducidos a pequeñas brácteas estipuliformes, lanceoladas. Flores de sépalos unidos en la base, ovado-deltoides, con la proyección de la vena media en un apículo de hasta 6 mm longitud, superficie pubérula por ambas caras, ápice agudo a obtuso, hasta 8x8 mm; pétalos obovados 10-12 mm de ancho y de largo. Fruto en polidrupa elipsoidal, inmaduro de color verde, pasando a rojo y luego a morado oscuro y brillante cuando maduro. Formado por pequeñas drupas adheridas a un receptáculo que al madurar es blancuzco y carnoso (Cancino et al., 2011).

2.3.2 Producción del cultivo de mora

Según la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica (2009), el aumento en la producción de mora en Colombia está relacionado con factores como la existencia de zonas apropiadas para su cultivo, la aceptación para su consumo fresco, su valor nutricional y sus propiedades antioxidantes.

Según Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2006), el Área sembrada es de 11.988 ha con una producción 105.285 toneladas y rendimientos de promedio 8.78 toneladas por hectárea de Mora en Colombia. Se estima que haya unas 12.458 ha, en 2014 de acuerdo a los programas de fomento como Alianzas productivas y otros, cabe destacar que el departamento de Cundinamarca cuenta con la mayor área sembrada y, por tanto, con la mayor producción, llegando a 40.000 toneladas anuales de fruta cosechada, seguido por Santander, Antioquia, son los departamentos mejor posicionados en área y producción, pero éstos, más el Eje Cafetero y Santander del Norte presentan los mejores rendimientos (Escobar, 2015).

El departamento Norte de Santander participa con el 3,59% en el área nacional sembrada y el 4,02% cosechada, donde se encuentra la mayor producción en los municipios de Pamplona, Ragonvalia, Toledo, Pamplonita, Cachira, Cucutilla (Escobar, 2011).

En el Municipio de Pamplona Norte de Santander se cultiva mora de castilla *Rubus glaucus* Benth de las variedades con o sin espina, hace más de 20 años. Actualmente se está implementado el cultivo de mora conocida comúnmente como “Mora uva” por algunos proyectos de alianzas productivas y entre otros, el área sembrada en 2018 del cultivo de mora es de 161 ha con una área desarrollo 11 ha, con una producción de 150 t y un promedio de rendimiento estimado de 9,4 t/ha (Lizarazo, 2018).

2.3.1.2 Botánica de la mora.

Los géneros *Rubus* y las rosas, pertenecientes a las Rosáceas, son muy semejantes. De allí que las plantas de moras se parecen bastante a las plantas de rosas silvestres o guiadoras. En general, la mora de castilla es un arbusto que alcanza varios metros de altura, en el cual el tronco se divide en varias ramas de color verde cenizo, alargadas, poco ramificadas y con un número considerable de espinas (Reina, 1998).

Es una planta arbustiva, trepadora, semirrecta, con tallos hasta 5 metros de largos, redondeados espinoso y de un polvo blanquecino. Las hojas trifoliadas, de peciolo blancuzco, cilíndrico y cubiertas de espinas las flores, son de unos o 2cm de diámetro con 5 sépalos blancos, con estambres numerosos, separados. Las flores generalmente prestan en racimos terminales de unos 30cm de largo. El fruto es un agregado de drupas adheridas al receptáculo floral común, es una baya de forma larga y cónica, son al principio verdes, después rojas y al final se vuelven negros cuando se maduran. En la base de la panta se encuentra la corola, donde se forman los tallos. La cual está conformada por una gran cantidad de raíces superficiales. El sistema radicular profundo, puede llegar a profundizarse más de un metro dependiendo del suelo y subsuelo (ASPAGRO, 2003).

2.3.1.3 Ciclo vegetativo.

La etapa productiva que se inicia ocho meses después del trasplante, y se mantiene constante durante varios años, la cual se va incrementando hasta estabilizarse en el mes 18. Se presentan uno o dos picos bien marcados de cosecha dependiendo de los periodos de lluvia en cada zona. Se estima una vida útil de 12 a 15 años dependiendo del manejo que se le dé al cultivo. En Colombia, en zonas de Cundinamarca y Antioquia, existen cultivos que tienen entre

15 y 20 años de edad, pero los rendimientos reportados son inferiores a los registrados en los cultivos más jóvenes (Grijalba, 2009).

2.3.1.4 Ecofisiología

Para un mejor desarrollo del cultivo, la humedad relativa debe oscilar entre el 70 y 80 %, con temperaturas entre 11°C y 18 °C, siendo 13 °C óptimo. La altitud ideal varía entre 1000-3600 m.s.n.m teniendo en cuenta que las mejores producciones se obtienen entre 1800-2400 m.s.n.m. Las precipitaciones (lluvias) aptas para el cultivo de la mora van de 1500-2500 mm y en cuanto a luz solar, el cultivo requiere de 1200 a 1600 horas brillo solar al año (Franco & Giraldo, 1998).

El desarrollo vegetativo se conforma de la obtención de la planta hasta su producción, que se inicia de los 8 meses después del trasplante y se va estabilizando en el mes 18. se estima una vida útil de 12 a 15 años dependiendo del manejo que se le da al cultivo (ASPAGRO, 2003).

2.3.1.5 Descripción morfológica de especies silvestres de la zona de estudio

Cancino et al. (2011), realizaron la colección y descripción de diferentes especies de *Rubus* productoras naturales de mora silvestre que encontraron en zonas aledañas a cultivos comerciales y zonas boscosas en los Municipio de Chitagá y Pamplona. Las especies descritas fueron: *Rubus alpinus*, *R. floribundus*, *R. bogotensis*, *R. rosifolius*, *R. adenotrichos*. *R. urticifolius*. A continuación se presenta la descripción de las especies silvestres reconocidas en el presente estudio:

***Rubus alpinus* Macfad:** Arbustos escandentes con ramas de hasta de 3 m de largas, ramas reclinadas, tallos acanalados, en corte transversal circular angulosos, glabros a ligeramente puberulos, hojas lustrosas, glabras de estípulas lineares 0,6 mm; peciolo teretes de 5-9 espinas

curvadas. Hojas de foliolos ovados, base redondeada, asimétrica a levemente truncada y en el foliolo central levemente cordada, ápice agudo a obtuso, margen serrulada; venación craspedodroma, apiculada, 12-14 pares de venas, prominentes en el envés, las terciarias, perpendicular a las secundarias y paralelas entre sí, prominulas; inflorescencias terminales, monotélicas en panículas hasta 2 veces ramificadas, con los paraclados basales, 4-6 cm longitud, sustentados por forofilos bracteosos y los apicales por brácteas reducidas a pequeñas láminas lanceoladas de hasta 7 mm longitud; pedicelos puberulos 0,6-1 cm de largos; flores con sépalos ovado- deltoides, apiculados, unidos en la base, hirtelos en ambas superficies, 7-8 mm longitud, 4 mm ancho; Pétalos obovado-redondeados, glabros, membranáceos, con venación actinodroma, 9 venas, 6-7 mm de largo y de ancho rosado claro a blancos; filamentos numerosos, 0,6 cm longitud, anteras ovado-redondeadas, ditcales 0,3 mm longitud. Frutos redondeados 1 cm de diámetro, conformados por 12-15 drupas de color purpura oscuro cuando maduras, sustentadas por el cáliz persistente (Cancino et al, 2011).

***Rubus floribundus* Kunth:** Planta escandente hasta 4 m, ramosa, tallo anguloso, con aristas prominentes, con pelos glandulares de diferentes tamaños, estrigosos, rectos, con aguijones pequeños, 4-5 por entrenudo; estípulas, una a cada lado en la base del peciolo, 7 mm longitud, lineares lanceoladas; peciolos rectos, delgados, 4-5,2 cm; con 5-8 aguijones curvos, indumento estrigoso-glandular, peciolulos de los foliolos laterales cortos, 4-5 mm delgados del central 2,4-2,5 cm; láminas ovado-oblongas, base cordada, ápice atenuado, margen dentada; venación craspedodroma, con aguijones diminutos a lo largo de la vena media, 11-13 venas secundarias prominentes en el envés. Inflorescencias en holocaulos monotélicos, con paraclados de primer orden, los basales sustentados por forofilos foliosos y la inflorescencia apical con forofilos bracteosos, lanceolado-ovados; sépalos pilosos, lance-ovados, acuminado, termina en

un apículo corto, hasta 3 mm; pétalos obovado-redondeados, con 9 venas actinodromas, glabros blancos a rosado claro (Cancino et al, 2011).

***Rubus urticifolius* Poir** : Es un subarbusto rastrero de 2 a 3 m de alto; cubierto de pelos de color rojizo; tallos angulosos, que exhiben una alta densidad de agujones curvos, que se estrechan de la base al ápice; estípulas subulatas o filiformes, tomentosas a glabrescentes, pecíolos armados, pilosos; hojas con 5 folíolos, cuyas hojuelas son ovatas o elípticas, acartonadas, con base redondeada, ápice agudo-acuminado, margen serrado, envés tomentoso en las venas, haz ligeramente piloso, tomentoso en las venas. Las inflorescencias son panículas piramidales con 50 a 150 flores y gran ramificación. Las flores presentan sépalos ovatos o lanceolados, ápice apiculado o acuminado, con pétalos ampliamente obovatos, de color rosado a rosado claro. Los frutos son ovoides a globosos, con sépalos ascendentes y 30 a 50 drupeolas por receptáculo, glabros y de color rojo a negro (Romoleroux, 1996).

2.3.3. Micorrizas

En 1885, Frank propuso el término micorriza para describir un fenómeno común que observó en las raíces de ciertos árboles de los bosques templados de Norteamérica. Estos órganos eran diferentes morfológicamente de otras raíces cuando se encontraban asociadas a hongos del suelo; de ahí proviene su nombre latino que significa raíz fungosa (Harley & Smith, 1983).

Las micorrizas son el resultado de la asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. En ella, el micelio del hongo coloniza la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz (Forero et al., 1996).

Las micorrizas son estructuras especializadas que se establecen en las raíces y se asocian con éstas ayudando a la absorción de nutrientes y protegiéndolas contra patógenos, en su relación con las plantas, obtienen los carbohidratos y vitaminas que por sí mismas no pueden sintetizar, ya que las plantas lo logran a través de la fotosíntesis y otras reacciones internas, la función de estos hongos es fundamental dentro del hábitat-suelo, considerados como microorganismos asociados a la raíz y que intervienen en mejorar la absorción de nutrientes, al extender el sistema radicular y mejorar la capacidad de absorción de agua (Canseco & Guerrero, 2014).

Se estima que más del 80% de las plantas terrestres forman este tipo de asociación. Estas incluyen muchas especies de cultivo importantes en la agricultura, horticultura y silvicultura (Smith 1997).

2.3.4. Tipos de micorrizas

La asociación simbiótica se establece entre las raíces de plantas leñosas de las familias Pinaceae, Fagaceae, Nothofagaceae, Myrtaceae y Dipterocarpaceae y las hifas de hongos de los filos Glomeromycota, Basidiomycota y Ascomycota. Al inicio de la colonización el hongo forma un manto constituido de hifas fúngicas que rodean el ápice de la raíz; luego otras hifas penetran el espacio intercelular entre las células radiculares, formando lo que se conoce como la red de Hartig. Es aquí en la red de Hartig donde se lleva a cabo el intercambio de nutrientes, minerales y agua: el hongo absorbe agua y minerales que luego trasloca hacia la planta y en retorno la planta le provee azúcares y otros productos de la fotosíntesis al hongo. Dentro de varios de los efectos positivos que le brindan los hongos ectomicorrícicos a su hospedero, el más importante se le atribuye al micelio extrarradical que aumenta la cantidad de toma de minerales disueltos.

La movilización de nutrientes se puede dar por una vía enzimática que le permite al hongo utilizar nitrógeno orgánico y (fósforo, o por la liberación de ácidos orgánicos movilizándolo calcio, magnesio y potasio, entre otros. El ácido que excretan las hifas principalmente es el oxálico que ayuda a desgastar las superficies rocosas; además el diámetro que presenta el ápice de una hifa comparado con el ápice de una raíz, le confiere una gran ventaja a la planta pues le permite explorar sustratos a los cuales no podría alcanzar sin la asociación con su hongo ectomicorrízicos (Burrola, 2015).

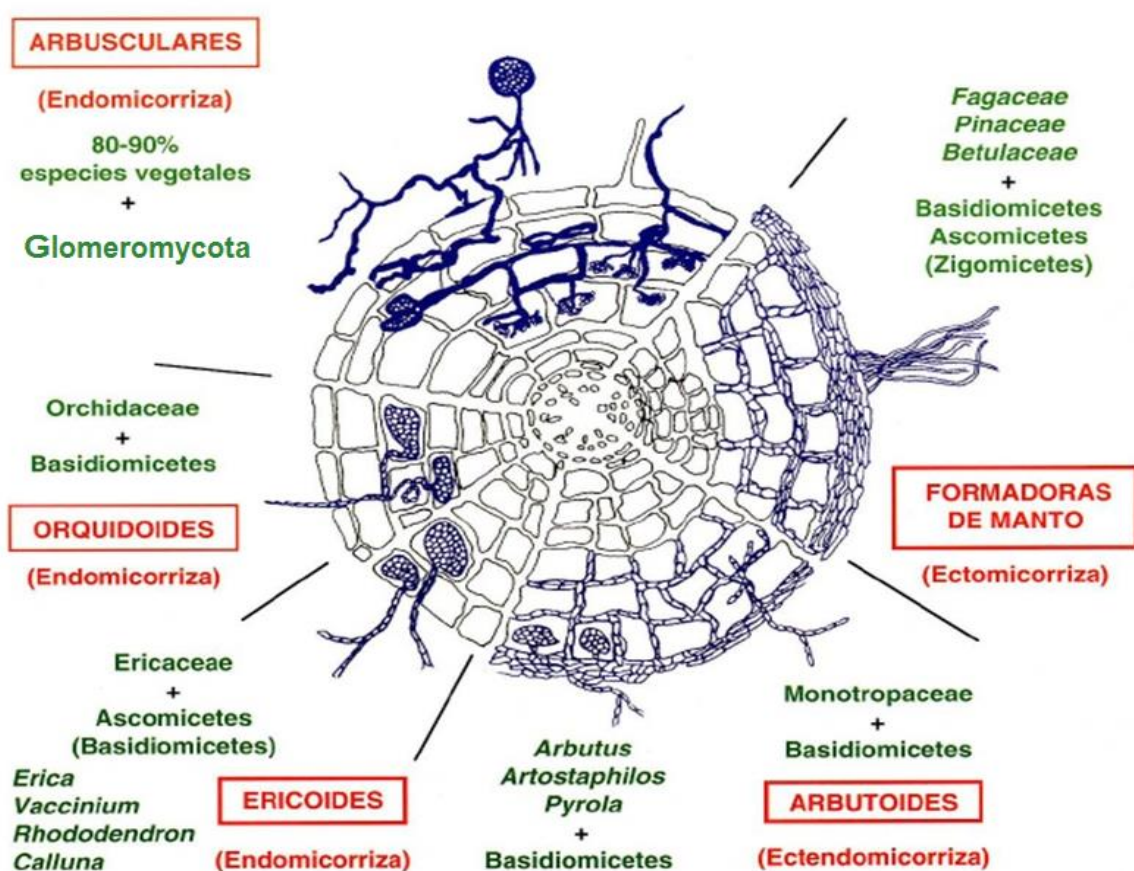


Figura 2. Esquema de los tipos de Micorrizas. Fuente: <http://imageshack.com/f/14/b8wy.jpg>

2.3.5 Micorrizas arbusculares

El tipo de asociación hongo-raíz más extendido en la naturaleza se ha llamado endomicorriza o micorriza arbuscular, formada por ciertos Glomeromycota, los cuales no desarrollan red de Hartig, pero si colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrimentos entre la célula vegetal y el huésped.

Algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas, compuestas principalmente por lípidos. Estas vesículas están presentes intercelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrimentos 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 se conoce como micorriza arbusculares (Aguilera, Olalde, Arriaga, & Contreras, 2007).

La fisiología de la planta micorrizada cambia completamente cuando se asocia al hongo. Mediante el micelio externo, el contacto entre las raíces y el medio se incrementa considerablemente. La inoculación con hongos formadores de micorrizas son conocidos por incrementar el crecimiento de muchas especies de plantas. Es atribuido un incremento en la toma de nutrientes, especialmente los de difusión limitada tales como: P, Zn, Cu, C, N; producción de sustancias promotoras de crecimiento, tolerancia a estrés hídricos; salinidad, estrés por trasplante; resistencia a plantas por fitopatógenos e interacción sinérgica con otros microorganismos benéficos del suelo (Forero et al., 1996).

Capítulo 3

3. Metodología

Localización de la investigación

Este trabajo se desarrolló en el laboratorio del grupo de investigación en Microbiología y Biotecnología (GIMBIO) del Departamento de Microbiología de la Universidad de Pamplona.

Las muestras se recolectaron en cuatro fincas localizadas en las veredas Sabaneta Alta, Sabaneta Baja y San Francisco (Figura 2, Tabla 1), ubicadas hacia el Norte del Municipio de Pamplona, en cultivos de mora comercial y en zonas rurales boscosas seleccionadas para trabajar las especies silvestres. La temperatura promedio anual varía entre 8 °C a 17 °C, y una precipitación anual promedio de 1042 milímetros.

Tabla 1

Localización geográfica de las zonas de muestreo en el Municipio de Pamplona.

Veredas	Nombre finca	Coordenada Latitud (N)			Coordenada Longitud (W)			Altitud (msnm)
		°Grados	Min	Seg	Grados	Min	Seg	
Sabaneta Alta	El Pino	7°	39'	51''	72°	66'	52''	2374
Sabaneta Alta	La Esmeralda	7°	24'	34,7''	72°	39'	6,87''	2360
Sabaneta Baja	El Recuerdo	7°	26'	7,18''	72°	40'	7,22''	2268
San Francisco	El Salado	7°	28'	42''	72°	39'	56''	2293

Fuente: autoras

3.1 Reconocimiento de especies y variedades de Mora comercial y silvestre

Para el reconocimiento de las especies de mora, ya identificadas por Cancino et al (2011), tanto las de uso comercial como las de tipo silvestre, se tuvo en cuenta las características morfológicas que permitan identificarlas rápidamente *in situ*, como son las características diagnósticas para cada especie silvestres y variedades comerciales en las cuatro fincas. Las

muestras recolectadas, se reconocieron en el Herbario Catatumbo Sarare de la Universidad de Pamplona, con el asesoramiento de Roberto Sánchez, Profesor Titular del Departamento de Biología, comparándolas con ya citados de los ejemplares colectados.

3.2 Identificación de las esporas de micorrizas arbusculares aisladas de suelos cultivados con las variedades de mora comercial y de suelos con especies silvestres de *Rubus*.

Colección de muestras de suelo

Se tomaron 3 submuestras de suelo al azar en forma de V para las variedades comerciales, las variedades silvestre se tomaron al azar, en cada finca, alrededor de las raíces de las plantas a una profundidad de 20 cm. Posteriormente se mezclaron para formar una muestra compuesta de 500g con su respectiva etiqueta (fecha, finca, productor, altitud, coordenadas, recolector).

Se tomaron las raíces adventicias de las tres plantas por cultivo, colocándolas individualmente en bolsas pequeñas cada una, para realizar el proceso de cuantificación de la frecuencia de la micorrización en el laboratorio.

3.3. Cuantificación de la concentración de esporas aisladas de micorrizas arbusculares presentes en los suelos cultivados con mora y de rizósfera de especies silvestres de *Rubus*.

Se realizó el procedimiento de aislamiento y cuantificación de espora por el método descrito por Gendemann & Nicholson (1963), donde se tomó 50g de la muestra de suelo en un vaso precipitado 250mL, se adiciono agua y agito durante 15 minutos. Después se adiciono agua y se vertió en los tamices de 710 μm -250 μm -125 μm -75 μm -53 μm , se lavó con abundante agua corriente el contenido del tamiz superior, recolectando cuidadosamente la muestra sobrante de los tamices 125 μm -75 μm -53 μm y vertiéndola en un tubo de centrífuga de 50mL con

20mL de agua, seguidamente se adicionó con una jeringa 10mL de solución de sacarosa 72% (Anexo 1), con Tween 80 al 2%, de manera que la solución quedo por debajo del material suspendido en agua, equilibrio los tubos y centrifuga durante 10 minutos a 2000 rpm, se sacó cuidadosamente los tubos de la centrifuga, tratando de no romper la interface agua-sacarosa. Con la ayuda de la aguja de la jeringa se recogió las esporas que no atravesaron la solución, se pasó el contenido de la aguja sobre un papel filtro, con ayuda de un embudo. Por último se realizó el conteo con ayuda de un estereoscopio marca Car/Zeiss-SemiDv4, observada a 32x (Anexo 2), agrupando las esporas por su forma, color y tamaño en cada una de las fincas con sus respectivas variedades. Se determinó la concentración calculando el número de esporas por gramo de suelo.

Identificación morfológica de las esporas

Se usó la clave taxonómica descrita por Sanchez, Posada, Velasquez, & Narvèez (2010), la cual sintetiza los aportes en el reconocimiento de estos hongos los siguientes autores: Mosse, Schenck, Morton, Redecker, Sieverding, Oehl, Blaszkowsky, Dodd, Schüssler, Schübler; además se tuvo en cuenta la información actualizada en la pagina web de la colección internacional de cultivos de hongos micorrizicos, INVAM (2018), para identificación de las esporas de micorrizas arbusculares. Esta clave tiene como función observar las características morfológicas de las esporas, tales sus conexiones hifales (forma de bate, sin bulbo, con bulbo, en pico de pájaro y colita de marrano), la formación o no de sáculos esporíferos, las paredes de la espora con sus capas y presencia de cicatrices. La observación se realizó con microscopio óptico marca Car/Zeiss Primo Star y aumento (100x).

3.4 Cuantificación del nivel colonización de las raíces de *Rubus* comerciales y especies silvestres por hongos formadores de micorrizas arbusculares

Aclarado y tinción de raíces

Con el fin de facilitar la cuantificación de raíces colonizadas por los hongos HMA, se realizó el aclarado y tinción de raíces usando la metodología de tinción con azul de Tripano (Anexo 3), propuesta por Phillips & Hayman (1970) con algunas modificaciones. El procedimiento fue el siguiente:

- a. Se tomaron las raíces adventicias de las tres plantas por cultivo, colocándolas individualmente en bolsas pequeñas cada una;
- b. Se lavaron las raíces adventicias con abundante agua corriente para eliminar restos de suelo, y se sumergieron en solución de KOH al 10%, y se dejaron en baño de María (90°C) durante 15 minutos;
- c. Seguidamente se lavaron con agua corriente, utilizando un colador para evitar pérdidas en el enjuague, se añadió KOH al 10% y H₂O₂ al 10%, mezclados en proporción 1:1 (V/V), dejándolos durante 10 minutos en baño María (90°C);
- d. Se lavaron con agua corriente, se añadió solución de HCL 1N, se dejaron en baño María durante 10 minutos, y se lavaron nuevamente con agua.
- e. La tinción se realizó con solución de Azul de Tripano 0.05% en ácido acético-glicerol-agua (1:1:1), colocando las raíces al baño de María durante 10 minutos. Posteriormente, se retiró el colorante, se añadió solución de ácido láctico-glicerol-agua (Anexo 4), dejando las raíces en reposo para eliminar el exceso de colorante y por último se montaron en porta y cubreobjetos para observarlas al microscopio con gotas de la misma solución.

Después de realizada la tinción de las raíces, se siguió la metodología de intersección de campos en placa por Phillips & Hayman (1970), con algunas modificaciones. Consistió en colocar cinco fragmentos por planta de 1 cm de longitud cada uno en portaobjetos, de tal forma que los segmentos quedaron paralelos, se añadió lactoglicerol, se colocó el cubreobjetos y se observó en el objetivo a 10X con microscopio marca Zeiss Primo Star. La observación comenzó por el extremo de la primera raíz, en este campo visual se indicó la presencia o no de colonización por HMA. Se pasó al siguiente campo en forma vertical y nuevamente se indicó si existe o no colonización. Se continuó hasta recorrer 10 campos por raíz y 50 campos por planta, repitiendo el proceso en un total de tres plantas por variedad o especie silvestre.

Para el cálculo del porcentaje de colonización de los HMA por campos de observación microscópica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ campos colonizados por HMA} = (C/T) \times 100 \text{ (ecuación 1)}$$

- C: número de campos colonizados por cualquier estructura de HMA
- T: número total de campos observados

Con el fin de especificar el porcentaje de micorrización por hifas, arbusculos y/o vesículas, se calculó visualmente el porcentaje estas estructuras en el campo de observación microscópica, tomando como 100% el tejido observado en 10x. El porcentaje de cada una de estas estructuras fue el promedio de 50 campos observados por planta. Para el cálculo de este porcentaje de micorrización visual por HMA se utilizó la siguiente fórmula (Giovannetti & Mosse, 1980).

$$\% \text{ de micorrización visual por HMA} = \% \text{ HIFAS} + \% \text{ VESÍCULAS} + \% \text{ ARBÚSCULOS} \text{ (ecuación 2)}$$

Con la información obtenida de las cinco variables biológicas (porcentaje de campos colonizados, porcentaje colonización hifas, porcentaje de colonización vesículas, porcentaje de colonización arbusculos y el total de colonización) de las micorrizas se realizaron siete análisis de varianza, a saber:

Lo primero fue para las variedades comerciales comparando las cuatro fincas de las tres variedades comerciales en un ANOVA de un factor. El otro análisis fue comparando las tres variedades existentes en las cuatro fincas en un ANOVA de un factor. Por último, se realizó un análisis de dos factores, fincas y variedades considerando como repeticiones las tres plantas evaluadas en cada campo de cada variedad. En segundo lugar se compararon las tres variedades comerciales *R. glaucus* sin, con espinas y mora Uva y las dos especies nativas *R. floribundus*, *R. alpinus* presentes en las fincas El Pino y La Esmeralda, de la misma forma con Anovas simples para las fincas y las variedades y la interacción para la combinación finca variedades y especies silvestres. Se realizó un ANOVA simple para comparar las variables biológicas de las micorrizas entre las tres especies silvestres presentes en la finca El Pino *R. floribundus*, *R. urticifolius*, *R. alpinus*.

Antes de realizar los análisis se comprobó el supuesto de normalidad por la prueba de Kolmodorov Smirnov. Las medias se compararon por la prueba de Tukey para $p < 0,05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 21 (IBM, 2012).

Capítulo 4

4. Resultados y discusión

4.1. Características identificativas para el reconocimiento de las variedades comerciales y de especies silvestres de *Rubus* en cuatro fincas del Municipio de Pamplona.

El reconocimiento de las plantas silvestres del género *Rubus* que crecían naturalmente en caminos, zonas aledañas y las variedades comerciales muestreadas en cuatro fincas de las veredas Sabaneta Alta, Sabaneta Baja y San Francisco del Municipio de Pamplona, se realizó a partir de la identificación de algunas características diagnósticas que se describirán más adelante y se compararon con los ejemplares (Figura 3) existentes en el Herbario Catatumbo Sarare de la Universidad de Pamplona, con el asesoramiento del Profesor Roberto Sánchez (Anexo 5) del Departamento de Biología de la Universidad de Pamplona.

En las fincas de estudio, se reconocieron las especies *R. floribundus*, *R. urticifolius*, *R. alpinus* y las variedades comerciales *R. glaucus* sin espina y con espina. Además, se logró reconocer una variedad comercial de la zona conocida comúnmente como Mora Uva. Esta es una variedad que actualmente ha sido incorporada en las zonas aledañas de Pamplona, Pamplonita, Cucutilla y Ragonvalia. Por lo cual, se realizó una descripción morfológica

Descripción morfológica de la especie comercial “mora uva”

Es un subarbusto escandente con varias ramas arqueadas de 1,50m a 2,20m de largo, tallos acanalados longitudinalmente con 4 canales, conspicuos de 0,7mm de profundidad y 1,5mm de anchos con indumento estriguloso verde en las ramas jóvenes, con tonos lila, hojas con estipulas ubicadas una a cada lado de la base en la unión del tallo con el peciolo, subaladas 5-7mm de longitud por 0,6mm latís(ancho) rojizas, pilosulas membranáceas peciolos largos 5,2-

5,7 cm de largo, levemente geniculados hacia el ápice, base ensanchada, ventralmente aplanados a acanalados atenuándose hacia el ápice, pilosulos con espina por el dorso y hacia los lados de unas 13 a 16 espinas, hojas pentafoliadas ovado y oblongos de márgenes dentados ápices acuminados y bases redondeadas peciolo central 1,4-1,7cm de largo los laterales más externos son más cortos de 2-3mm de largos y los intermedios 1cm de largos de 3 a 6 espinas, pilosulos-hirtelos, levemente geniculado hacia el ápice, unos 2mm.6,7-3-2cm.

Las laterales externas 5*2,2cm, subcartaceas glabras con indumento sobre las venas por el envés, venación craspedodroma 12-3 pares de venas secundarias hendidas ligeramente en la haz, inflorescencia holocaulos monotelicis.

Las ramas basales de la inflorescencia sustentadas por perofilos frondosos con ejes hasta 7cm de largos; teretes, pilosulos, rojizo en zigzag de donde se desprenden flores sustentadas por perofilos bracteosos, reducidos, subulados de 5*2mm, papiráceos a más o menos 1mm de la unión del pedúnculo pedicelos 1,2-1,5cm de largos teretes, pilosulos, cáliz de 5 sépalos triangular oblongos 5*3mm acuminados, pilosulos dorsalmente y levemente hirtelos ventralmente corola blanca a rosado claro, pétalos obovados, 5 con numerosos estambres de anteras diminutas, dorsifijas, ditecales, numerosos carpelos con ovulo y de fruto compuesto en polidrupa de 2cm largo por 3cm de ancho cuando madura es purpura a vinotinto (figura 8).

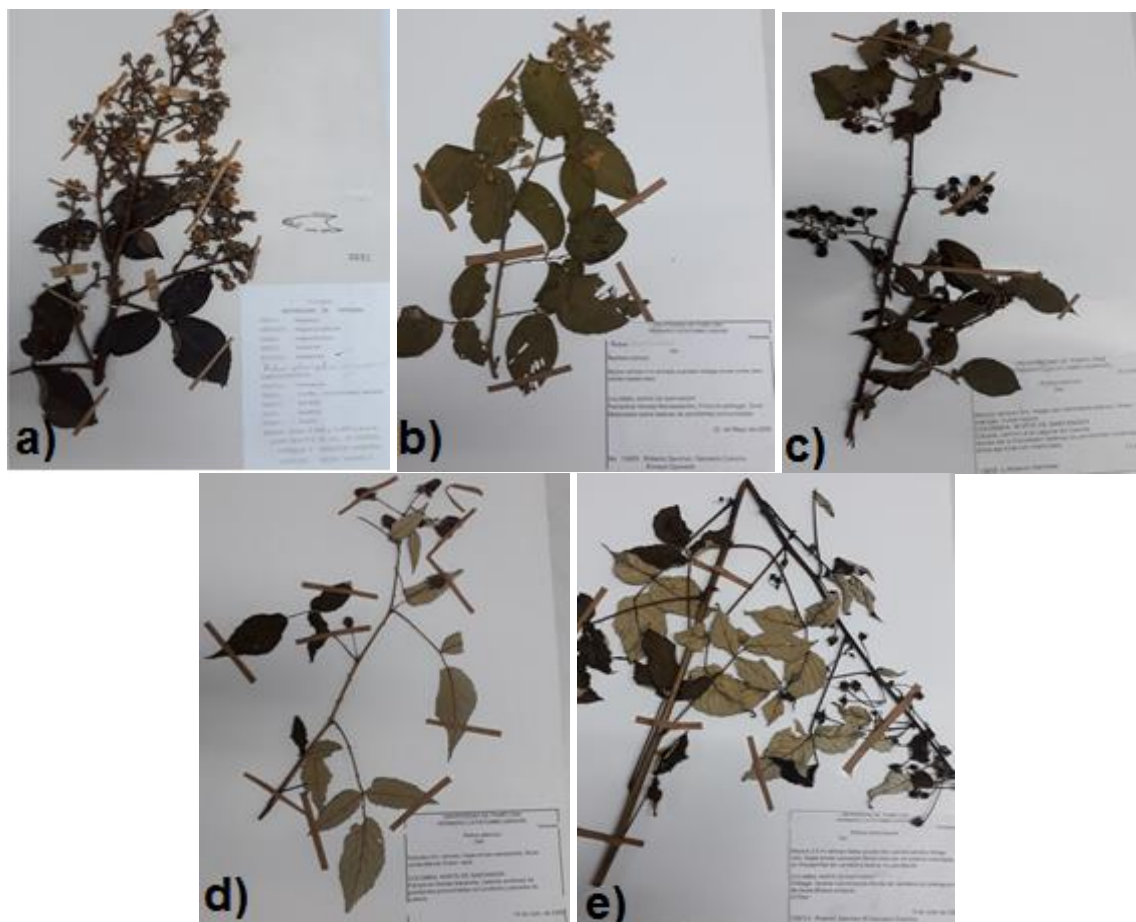


Figura 3. Ejemplares de *Rubus*, en el Herbario Catatumbo- Sarare de la Universidad de Pamplona, a) *R. urticifolius* Recolector Cód. 2691R. b), *floribundus*. Recolector Cód. 12429, C) *R. alpinus*. Recolector Cód. 13832, d) *R. glaucus* variedad (con espina). Recolector Cód. 12461 h) *R. glaucus* variedad (sin espina). Recolector Cód. 13073. Fuente: autoras.

Entre las características morfológicas más destacadas para la diferenciación-reconocimiento de la especie *R. alpinus* (Figura 4), estuvieron:

- Presentar plantas de porte pequeño menos abundantes,
- Son glabras,
- Sus hojas son más redondas y pequeñas en comparación con las otras especies,
- Su fruto es redondo u ovoide.



Figura 4. *R. alpinus*, Sabaneta Alta. Fuente: autoras

Características morfológicas más sobresalientes para la diferenciación-reconocimiento de *R. urticifolius* (Figura 6) fueron:

- Son plantas de porte alto y robusto,
- Presenta pelos glandulares de color violeta o rojizo,
- Sus frutos son pequeños, no carnosos ni dulces.



Figura 5. *R. urticifolius*, Sabaneta Baja. Fuente: autoras

Los aspectos que caracterizaron a *R. floribundus* (Figura 7) fueron:

- Son plantas de porte alto,
- Presenta pelos no glandulares acostados de color amarillo a grisáceos, hojas más grandes.



Figura 6. *R. floribundus*, Sabaneta Alta. Fuente: autoras.

Las características distintivas de *R. glaucus* (Figura 7) fueron:

- Son plantas robustas,
- Presenta alrededor de sus tallos espinas y sin espina según la variedad,
- Flores de color blanco,
- Las hojas en el envés son de color blancuzca en comparación con las silvestres,
- Menos espinosa,
- Son glabras,
- Frutos de tamaño grande de forma piramidal,



Figura 7. *R. glaucus* Sabaneta Alta. Fuente: autoras.

Las plantas comerciales conocidas comúnmente en la zona de estudio como “Mora uva”, no poseen una identificación taxonómica concreta. Por comunicación personal del Profesor

Sánchez, indica que puede ser una especie *R. alpinus* por sus características similares a estas, morfología de reconocimiento son:

- Tallos acanalados y de porte alto,
- Fruto en forma ovalada, sabor dulce (Figura 8).



Figura 8. *Rubus aff. alpinus* "mora uva" Sabaneta Baja. Fuente: autoras

Según los autores Moreno, Blanke & Casieran (2016), realizaron un trabajo sobre índice de crecimiento en plantas de mora *R. alpinus*, bajo diferentes sistemas de poda en Arcabuco (Departamento Boyacá) donde no se le conocían su manejo agronómico, mediante este trabajo permitieron dar una arquitectura, por medio de podas y dando un índice fisiológico a la planta. Relacionado con estos autores posiblemente puede tratar de mora Uva.

Las especies del subgénero *Rubus* tienen una amplia distribución latitudinal y geográfica en Colombia, adicionalmente presentan la dificultad de ser reconocidos, dada la alta hibridación entre sus especies (Sánchez, 2019).

4.2 Morfotipos de micorrizas arbusculares presentes en suelos cultivados con mora y en suelos con especies silvestres de *Rubus* en cuatro fincas del Municipio de Pamplona.

Para determinar las estructuras morfológicas de las esporas para su identificación se tuvo en cuenta las siguientes características: paredes de las esporas, número de capas que presentan las paredes, morfología de la hifa de sostén, escudo, cicatrices, sáculo esporífero, ornamentación, forma y color de la espora (Anexo 6).

Se identificaron diferentes morfotipos de familias y géneros en cada una de las fincas con las variedades y especies del género *Rubus* trabajadas (Tabla 2). Se identificaron 47 morfotipos de esporas y se clasificaron en 5 familias: Glomeraceae, Diversisporaceae, Acaulosporaceae, Pacisporaceae y Archaeosporaceae, las cuales solo 20 morfotipos se pudieron identificar hasta género: *Glomus* Grupo Aa (6 morfotipos), *Pacispora* (3 morfotipos), *Diversispora* (6 morfotipos), *Otospora* (1 morfotipo), *intraspora* (2 morfotipos) y *Acaulospora* (2 morfotipos). Los 27 morfotipos restantes se identificaron hasta familia (Glomeraceae y/o Diversisporaceae).

Tabla 2

Taxa de micorrizas arbusculares encontradas en especies de *Rubus* en las veredas Sabaneta Baja, Sabaneta Alta y San Francisco del Municipio de Pamplona, Norte de Santander.

Fincas	Familia y Géneros	Mora uva	Variedades comerciales y especies silvestres					Morfortipos
			<i>R. glaucus</i> Benth (con espina)	<i>R. glaucus</i> Benth (sin espina)	<i>R. urticifolius</i>	<i>R. floribundus</i>	<i>R. alpinus</i>	
	Glomeraceae:							
	<i>Glomus</i> Grupo Aa			Sp1, Sp2	Sp3, Sp4			4
	Pacisporaceae							3
	<i>Pacispora</i>	Sp1		Sp2		Sp3		
El pino	Diversisporaceae	Sp1	Sp4,Sp5	Sp3			Sp6, sp7	
	<i>Diversispora</i>							
	<i>Otospora</i>	Sp2						7
	Archaeosporaceae							
	<i>Intraspora</i>	Sp1	Sp2					2
	Glomeraceae y/o Diversisporaceae	Sp1- Sp5	Sp11-Sp14	Sp1, Sp6- Sp10	Sp9,Sp11,Sp16	Sp6, Sp14, Sp16, Sp17	Sp1, Sp3, Sp15	27
	Glomeraceae:							
	<i>Glomus</i> Grupo Aa					Sp5, Sp6		2
La esmeralda	Acaulosporaceae							
	<i>Acaulospora</i>		Sp1, Sp2					2
	Glomeraceae y/o Diversisporaceae	Sp1, Sp11	Sp9, Sp19- Sp23	Sp8, Sp18	Sp1, Sp4, Sp16	Sp5, Sp6	Sp1, Sp11	14
El recuerdo	Diversisporaceae							
	<i>Diversispora</i>	sp7						1
	Glomeraceae y/o Diversisporaceae	Sp8	Sp1, Sp25	Sp8, Sp25				5
El salado	Glomeraceae y/o Diversisporaceae	Sp26, SP27	Sp1, Sp6, Sp26	Sp7, Sp8				7
	Diversisporaceae							
	<i>Diversispora</i>			Sp7				1

Fuente: autoras

Mediante la caracterización morfológica de las esporas de los HMA, se determinó en las fincas evaluadas, la mayoría son familia *Glomeraceae* y/o *Diversisporaceae*, presentándose la

dificultad de determinar los géneros debido a la ausencia de hifa de conexión. Según Sánchez *et al* (2010), sin esta hifa de soporte no es posible identificar muchos de los HMA.

Se determinaron 73 morfotipos, de los cuales 47 morfotipos son únicos y 26 morfotipos se repiten en todas las fincas (Anexo 7).

En la realización del presente trabajo la mayor predominancia fue *Glomus* y *Diversispora* seguido por *Pacispora*, *Acaulospora*, *Intraspora* y *Otospora*. La finca El Pino presento mayor riqueza de morfotipos HMA, mientras que la menor riqueza se encontró en la finca El Recuerdo.

Características de familias y generos encontrados

Diversisporaceae: posee esporas redondas con hifa de sostén en forma de bate de color amarillo, presentan una pared. *Glomeraceae*: sus esporas son redondas- ovaladas se encuentran con hifa de sostén en forma de colita de marrano, pico de pájaro, presenta una pared usualmente con dos capas la interna cierra la hifa en forma de V invertida, varia el color clara-amarillo- marron a café. *Pacisporaceae*: esporas redondas con hifa de conexión, presenta dos paredes cada una de tres capas, color amarillo-marron a café. *Acaulosporaceae*: esporas redondas sin hifa de conexión, presentan tres paredes, color amarillo – café claro.

En la finca El Pino se destacó por presentar el mayor número de morfotipos (41). La figura 9 ofrece una representación de la diversidad de familias y generos .

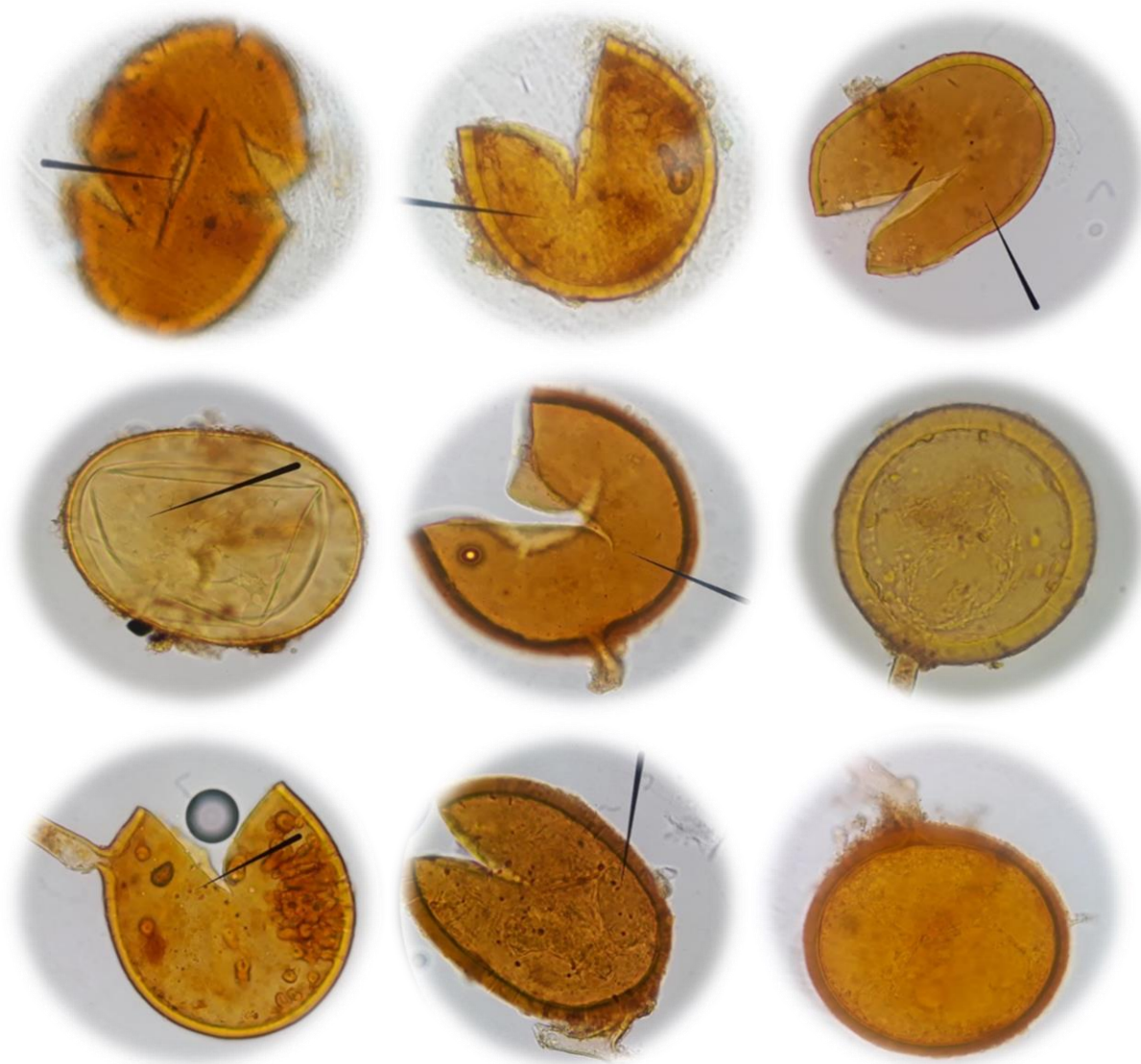


Figura 9. Diversidad de morfotipos finca El Pino Fuente: autoras

Figura 10 algunos morfotipos encontrados en la finca La Esmeralda,

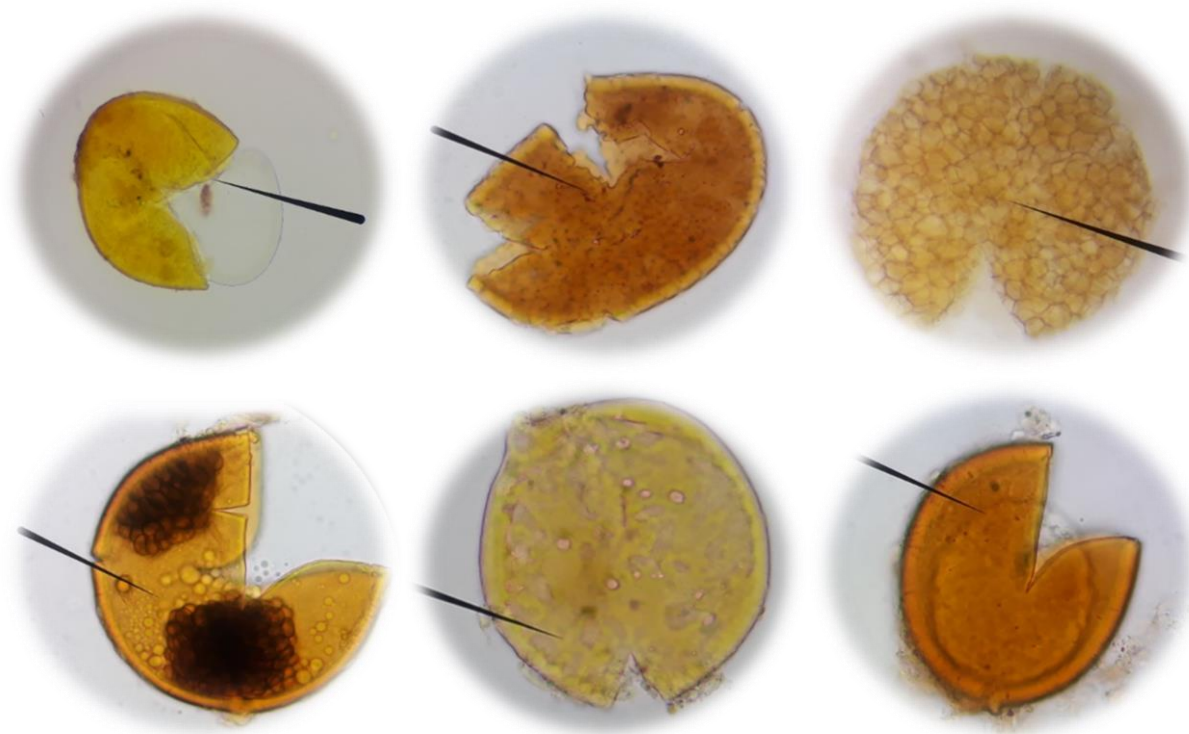


Figura 10. Diversidad de morfotipos finca La Esmeralda Fuente: autoras.

En la finca El Salado la diversidad de morfotipos fue escasa los cuales se muestran en la figura 11.

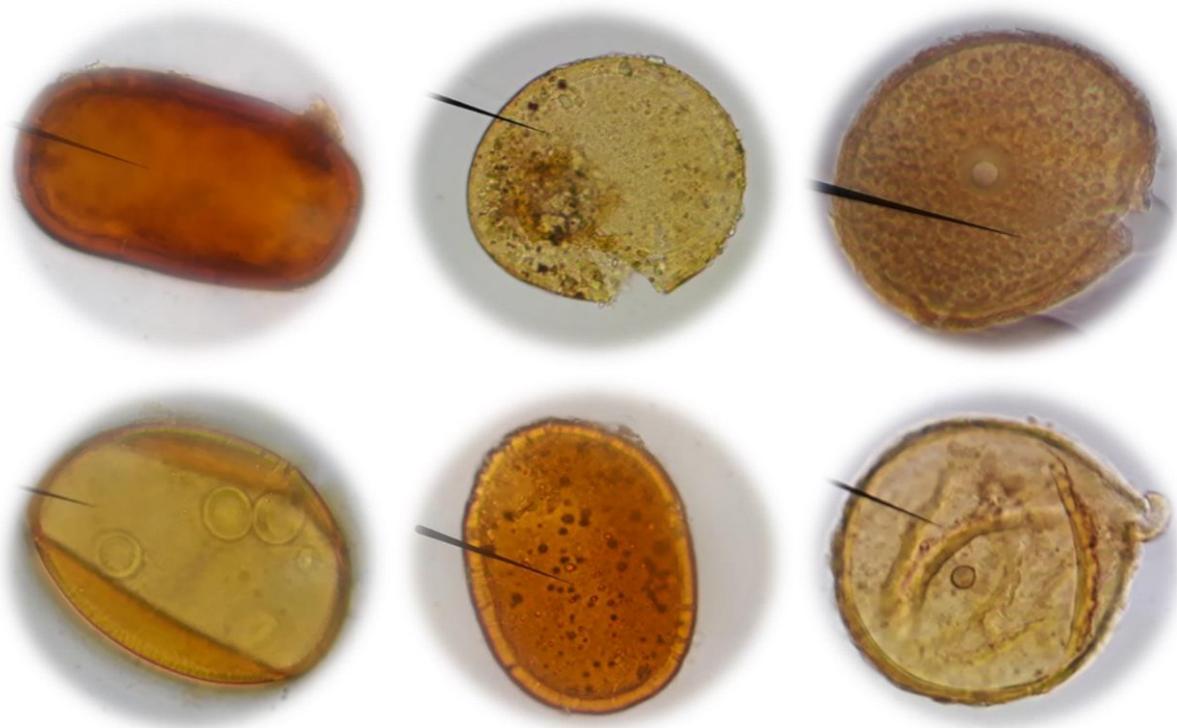


Figura 11. Diversidad de morfotipos finca El Salado. Fuente: autores

La finca El Recuerdo fue la que menor diversidad presentó figura 12.

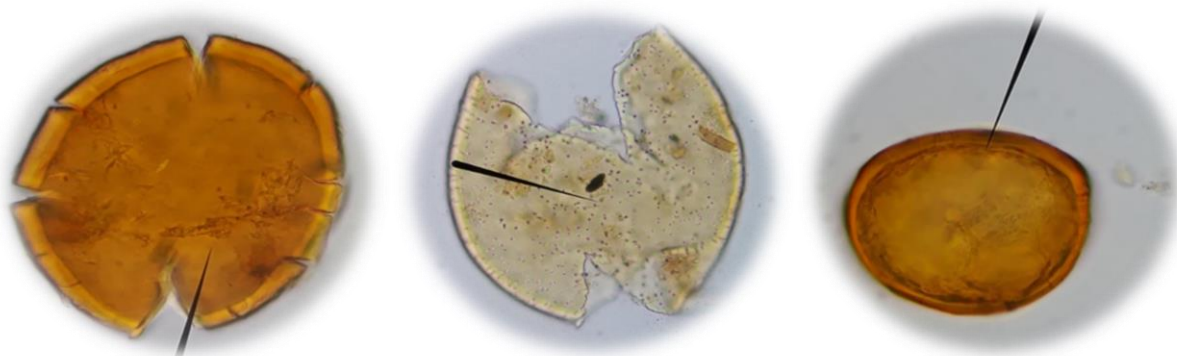


Figura 12. Diversidad de morfotipos finca El Recuerdo. Fuente: autoras.

La identificación de los HMA es muy compleja, ya requiere de observación detallada de las microestructuras espòricas (sáculo esporal, hifa de sostén), las cuales, en muchos casos, no se observaron con mayor nitidez y claridad, debido posiblemente a su pérdida durante el proceso de aislamiento. También se dificultó la observación de las capas de las paredes, cicatrices y células auxiliares.

Algunos reportes de investigación de Smith & Read (1997), quienes muestran que *Glomus* spp son los HMA más frecuentemente encontrados en diferentes regiones del mundo y los que más rápidamente se adaptan a un amplio rango de condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Así mismo, ellos encontraron que, los miembros del Phylum Glomeromycota son los microorganismos del suelo más comúnmente presentes en todo el mundo.

Espitia & Perez (2016), realizaron un trabajo con la diversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en tres agroecosistemas con pasto Colosoana (*bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en el Departamento de Sucre, de los HMA se encontró con más predominancia en los suelos compactados y nativos el género *Glomus*.

4.3. Concentración de esporas de micorrizas arbusculares presentes en los suelos cultivados y de zonas boscosas.

En la figura 13, se ilustra la abundancia de esporas que vario desde 0,6 a 12,28 esporas por gramo, los valores más relativos de abundancia de esporas se observaron en la finca El Pino entre 6,82 y 12,28, debiéndose señalar que el valor más alto correspondió a mora Uva y el menor valor relativo a *Rubus alpinus*.

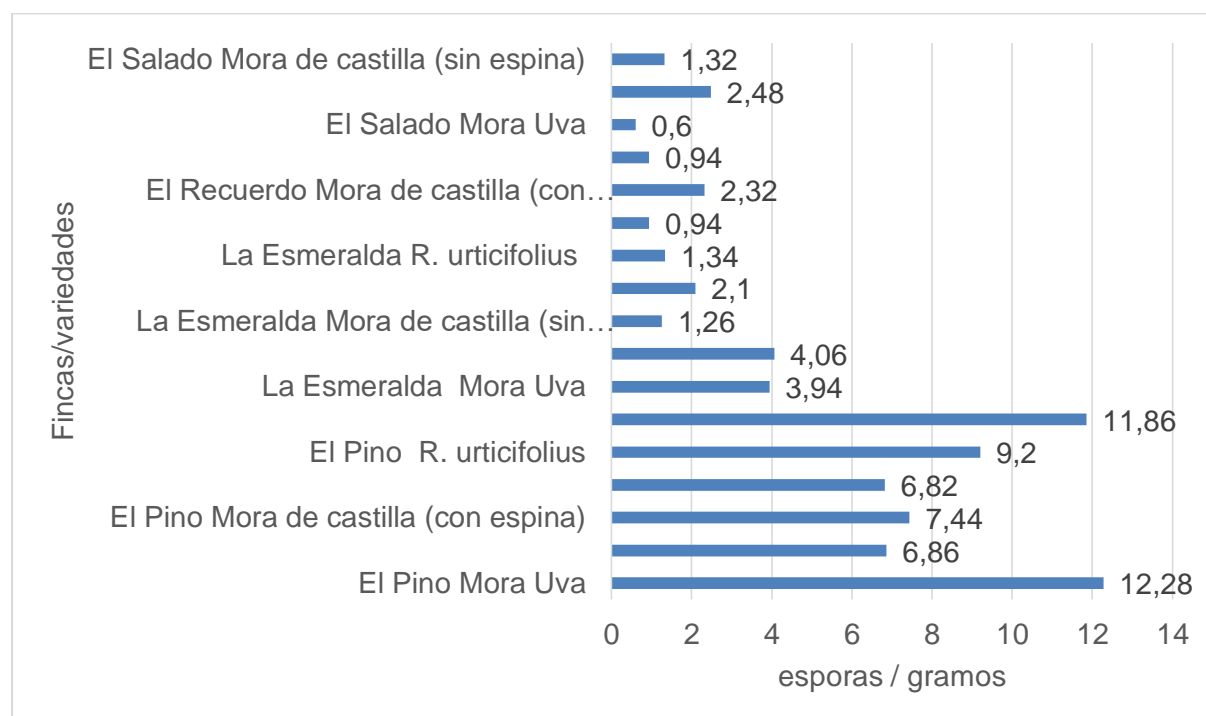


Figura 13. Total de esporas en un gramo de suelo de cada una de las fincas de las variedades comerciales y silvestres de *Rubus* sp. Fuente: autoras

En esta figura se muestra mayor cantidad de esporas aisladas en la finca El Pino, con un valor relativamente alto, tanto en las variedades comerciales como en las especies silvestres, en comparación con las demás fincas, la finca con menor número de esporas fue El Salado.

La variación de las esporas obtenidas en la finca, se atribuye a factores como la edad de la planta, tipo de suelo, manejo agronómico del cultivo y el microclima.

Según los autores Auge (2000) & Entry, Rygiewicz, Watrud, & Donnelly (2002), los cambios permanentes en el ambiente edáfico son un reflejo del dinamismo existente y se observa en parámetros como humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes, debido a condiciones naturales o al efecto de las prácticas culturales para mejorar la productividad de cultivos; adicionalmente el suelo puede sufrir procesos de degradación y contaminación con sustancias químicas tóxicas para plantas y micro-organismos. En estas condiciones puede verse afectada, encontrándose que el ambiente del suelo puede favorecer el desarrollo de HMA en un momento y reducirlo en otro, bien por efectos directos sobre las comunidades de HMA o en forma indirecta por sus efectos sobre la planta hospedera.

Es de destacar que la abundancia natural de mora uva y *R. urticifolius* de más de 10 esporas/g de suelo, lo cual constituye la tercera parte de la concentración de algunos productos a base de HMA que se comercializan en el mercado de agrobiológicos de Colombia (ICA, 2018).

4.4 Micorrización en cultivos de Mora y en especies silvestres de *Rubus* en cuatro fincas del Municipio de Pamplona

La observación microscópicamente de la micorrización en las raíces de plantas comerciales y silvestres de *Rubus* en diferentes fincas permitió precisar las tres estructuras de estos hongos, hifas, vesículas y arbusculos, evidenciando que las plantas de mora realizan simbiosis con estos microorganismos (Figura 14).

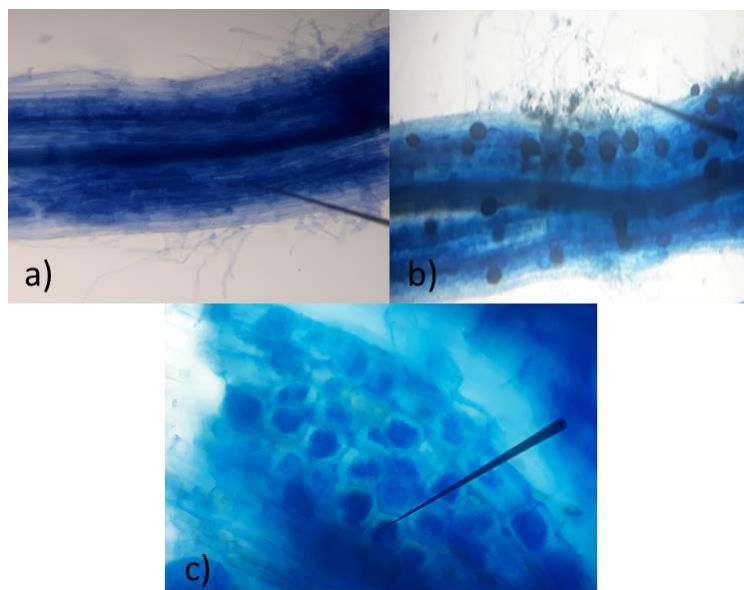


Figura 14. Estructuras de los HMA en las plantas de Mora a) Hifas, b) vesículas, c) arbúsculos, observados en microscopio de 10X, plantas de Mora. Fuente: autoras

Las características de las estructuras encontradas en la colonización de las raíces son hifas continuas finas y gruesas, algunas de ellas en su interior con crecimiento intracelular e intercelular en la raíz, no son septadas, las vesículas diferentes presentaban formas que varían de redonda, ovaladas, agrupadas o dispersas en la raíz, algunas contiene hifas y los Arbúsculos se encuentran dentro de las células corticales de la raíz, colonizadas. Estos resultados se compararon con imágenes y estudios realizados por otros autores (Moncada 2011 & Sánchez *et al* 2010).

El resultado de ANOVA para las variables biológicas evaluadas no manifestó diferencia estadística entre las tres variedades comerciales en ninguna de ellas (tabla 3)

Tabla 3

Análisis de porcentaje de micorrización en variedades comerciales.

Variedades	%Colonización	%de colonización Hifas	%de colonización vesículas	%de colonización arbúsculos	Total
Mora uva	97,33a	8,02a	9,36a	4,44a	21,83a
Mora de castilla sin espina	98,16a	5,26a	8,67a	8,60a	22,54a
Mora de castilla con espina	97,50a	12,45a	11,23a	6,76a	19,83a
CV%	3,52	192,18	68,97	64,49	47,68
ET*	0,09	4,76	1,94	1,23	2,94

- Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$. Fuente: autoras

Sin embargo, el análisis entre las diferentes fincas si mostro diferencia estadística para cuatro de las variables estudiadas. La finca El Salado mostro mayor porcentaje de colonización de las raíces y el menor en la finca La Esmeralda, resultado la finca El Pino y El Recuerdo intermedios desde el punto de vista estadístico (tabla 4)

Tabla 4

Análisis de porcentaje de micorrización en las fincas.

Fincas	% campos colonizados	% colonización Hifas	% colonización vesículas	% colonización arbúsculos	Total
El Pino	98,44ab	9,98a	13,38a	3,39c	26,76a
La Esmeralda	95,11b	3,78a	11,19ab	8,71ab	23,69a
El Recuerdo	97,55ab	2,87a	3,92b	4,67bc	11,47b
El Salado	99,55a	17,69a	10,51ab	9,62a	23,68a
CV%	3,13	184,55	776,84	80,69	39,12
ET*	1,01	5,27	1,94	1,25	2,79

- Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$. Fuente: autoras

La finca El Pino manifestó mayor porcentaje de colonización de vesículas en las raíces y el menor la finca El Recuerdo, sin embargo la finca El Salado manifestó mayor porcentaje de arbúsculos en las raíces y el menor la finca El Pino, sin embargo en el total de estructuras de las

raíces (hifas+ vesículas+ arbusculos). La finca El Pino, La Esmeralda y El Salado presentaron mayores valores con referencia a la finca El Recuerdo. Los resultados anteriores evidencian que el porcentaje de colonización de las micorrizas no fue por las variedades comerciales de *Rubus*, sino que estuvieron influenciadas por las fincas.

El análisis de varianza demostró que había interacción entre el factor variedad y finca para las variables (tabla 5).

Tabla 5
Análisis de porcentaje de colonización en la interacción entre variedades comerciales y fincas.

Variedades	Fincas	% colonización	% de colonización Hifas	% de colonización vesículas	% de colonización arbusculos	Total
Mora uva	El pino	99,33a	16,05a	11,02ab	,425 d	27,51a
Mora de castilla sin espina	El pino	100,00a	6,52a	6,85b	9,07abc	22,45a
Mora de castilla con espina	El pino	96,00a	7,35a	22,28 a	,699d	30,34a
Mora uva	La Esmeralda	92,00a	3,88a	11,13ab	4,95bcd	19,96a
Mora de castilla sin espina	La Esmeralda	96,00a	5,14a	13,11 ab	10,28ab	28,53a
Mora de castilla con espina	La Esmeralda	97,33a	2,33a	9,33ab	10,89ab	22,56a
Mora uva	El Recuerdo	98,00a	3,72a	1,22b	5,88abcd	10,83a
Mora de castilla sin espina	El Recuerdo	96,66a	3,34a	8,44 b	2,34bd	14,13a
Mora de castilla con espina	El Recuerdo	98,00a	1,54a	2,11b	5,79abcd	9,44a
Mora uva	El Salado	100,00a	8,45a	14,06 ab	6,51abcd	29,02a
Mora de castilla sin espina	El Salado	100,00a	6,04a	6,26b	12,72 a	25,02a

Mora de castilla con espina	El Salado	100,00a	38,59a	11,22ab	9,65abc	16,99a
CV%		3,09	182,15	46,63	39,48	40,14
ET*		1,74	9,03	2,62	1,50	4,96

- Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$. Fuente: autoras

El resultado demostró que para el porcentaje de colonización de las raíces y el porcentaje de colonización por hifas y el total de la colonización, por las tres estructuras del hongo no había diferencia de interacción, sin embargo, la colonización por vesículas resulto mayor para mora castilla con espina en la finca El Pino que no se diferenció estadísticamente de la mora Uva finca El Pino y la finca La Esmeralda mora de castilla sin, con espina y la mora Uva, mora de castilla con espina de la finca El Salado. La colonización de arbusculos también demostró diferencia estadística, siendo mayor para mora castilla con espinas finca El Salado pero que no se diferenció de la mora uva y mora castilla sin espina, finca La Esmeralda y mora castilla sin espinas finca El Pino.

El porcentaje de colonización de arbusculos y el total de la colonización por las estructuras de los HMA, no demostró significancia estadística, sin embargo el porcentaje de colonización por hifas fue mayor para variedad mora uva sin diferencia estadística con la variedad mora de castilla sin y con espina y la especie *R. urticifolius*. En cuanto al porcentaje de colonización por vesículas fue mayor para la variedad mora de castilla sin diferencia estadística para variedad mora de castilla y mora Uva (tabla 6).

Tabla 6

Análisis de porcentaje de micorrización de las variedades comerciales y especies silvestres.

Variedades	%Colonización	% colonización Hifas	% colonización vesículas	% colonización arbusculos	Total
Mora uva	95,66a	10,00a	11,08ab	2,66a	23,73a
Mora de castilla sin espina	98,00a	5,83ab	9,98ab	9,66a	25,50a
Mora de castilla con espina	96,66a	4,85ab	15,81a	5,80a	26,46a
<i>R. Urticifolius</i>	88,00a	5,56ab	4,93b	8,51a	19,03a
<i>R. Floribundus</i>	85,66a	3,53b	4,26b	10,15a	17,96a
CV%	11,68	59,32	44,64	62,73	28,44
ET*	3,13	1,02	1,18	1,34	1,85

- Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$. Fuente: autoras

El resultado de ANOVA para las variables biológicas en las fincas evaluadas no manifestó diferencia estadística (tabla 7).

Tabla 7

Análisis de porcentaje de micorrización en las finca El Pino y La Esmeralda.

Fincas	%Colonización	% colonización Hifas	% colonización vesículas	% colonización arbusculos	Total
El Pino	91,80a	6,88a	8,36a	6,78a	22,04a
La Esmeralda	95,11a	3,78a	11,20a	8,70a	23,70a
CV%	12,31	62,95	62,06	70	30,95
ET*	3,78	1,24	1,90	1,7	2,32

- Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$. Fuente: autoras

El análisis de varianza demostró que había interacción entre el factor variedad y finca para las variables (tabla 8).

Tabla 8

Análisis de porcentaje de micorrización de interacción entre variedades comerciales, especies silvestres y fincas

Variedades	Fincas	% Colonización	% colonización Hifas	% colonización vesículas	% colonización arbusculos	Total
Mora uva	El Pino	99,33a	16,10a	11,00bc	0,40e	27,50a b
Mora de castilla sin espina	El Pino	96,00a	6,53b	6,86cde	9,06bc	22,43a b
Mora de castilla con espina	El Pino	96,00a	7,36b	22,30a	0,70e	30,36a
<i>R. Urticifolius</i>	El Pino	76,00bc	2,00d	4,46de	5,73cd	12,23c
<i>R. Floribundus</i>	El Pino	71,33c	5,20bcd	3,10e	2,83de	11,13c
Mora uva	La Esmeralda	92,00ab	3,90bcd	11,16bc	4,93d	19,96b c
Mora de castilla sin espina	La Esmeralda	97,33a	5,13bcd	13,10b	10,26b	28,56a b
Mora de castilla con espina	La Esmeralda	100,00a	2,33cd	9,33bcd	10,90ab	22,56a b
<i>R. Urticifolius</i>	La Esmeralda	100,00a	5,06bcd	4,06de	14,56a	23,70a b
<i>R. Floribundus</i>	La Esmeralda	100,00a	5,93bc	6,76cde	14,56a	26,93a b
CV%		6,53	21,39	23,26	17,50	14,82
ET*		3,50	0,73	1,23	0,74	1,93

- Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$. Fuente: autoras

El resultado demostró que el porcentaje de colonización había diferencia de interacción entre las variedades y fincas, sin embargo el porcentaje de colonización para mora castilla sin espina, con espina y mora Uva finca el pino, mora castilla sin espina, con espina, *R. urticifolius* y *R. floribundus*, finca La Esmeralda siendo de mayor valor que no se diferenciaron de mora Uva en la finca La Esmeralda. La colonización por hifas también demostró diferencia estadística para

el porcentaje de colonización siendo mayor para la variedad mora Uva, finca El Pino que se diferenció estadísticamente de las demás variedades finca El Pino y finca La Esmeralda, sin embargo el porcentaje de vesículas señaló diferencia siendo de mayor valor para mora castilla finca El Pino que se diferenció estadísticamente de las demás variedades finca El Pino y finca La Esmeralda.

La colonización de arbusculos también demostró diferencia estadística para el porcentaje de colonización siendo mayor para *R. urticifolius* y *R. floribundus* que no presentó diferencia con mora de castilla finca Esmeralda, sin embargo para el total de colonización presentó diferencia estadística siendo la mayor valor mora castilla finca El Pino pero que no se diferenció mora Uva, mora castilla sin espina finca El Pino, mora castilla sin, con espina, *R. urticifolius* y *R. floribundus* finca La Esmeralda.

El resultado de ANOVA para las variables biológicas evaluadas en las especies silvestres manifestó diferencia estadística solo para el porcentaje de colonización de arbusculos siendo *R. urticifolius* la de mayor valor (tabla 9)

Tabla 9

Análisis de porcentaje de micorrización entre las especies silvestres.

Variedades	%Colonización	%de colonización Hifas	%de colonización vesículas	%de colonización arbusculos	Total
<i>R. alpinus</i>	84,00a	3,73a	3,20a	0,30c	7,20a
<i>R. urticifolius</i>	71,33a	2,00a	3,10a	5,73a	12,23a
<i>R. floribundus</i>	76,00a	5,20a	4,46a	2,83b	11,13a
CV%	14,73	45,55	39,20	18,30	29,73
ET*	0,30	0,47	0,40	0,21	2,64

- Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$. Fuente: autoras

Las prácticas de manejo agronómico constituyen disturbios que afectan tanto la dinámica como la diversidad de HMA; por ello es importante destacar que la mayor utilización de elementos externos como herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, así como intensificación de las rotaciones generan disturbios de diferente naturaleza, que impactan de diversas maneras a las comunidades de Glomeromycota (Schalamuk, Druille, & Cabello, 2013).

En este sentido, los resultados obtenidos respecto al alto porcentaje de micorrización en la finca El Pino, respecto a las demás fincas, puede deberse a las bajas prácticas agronómicas utilizadas allí, ya que generalmente no se hace labranza de suelo, sino que por el contrario se siembran las plantas, se aporcan y se limpia las arvenses, lo cual se manifiesta en la conservación de la estructura del suelo, y por lo tanto, de la microbiota asociada.

Conclusiones

En los agroecosistemas de estudio estaban presentes tres especies nativas de mora *R. alpinus*, *R. urticifolius*, *R. floribundus* y las variedades comerciales *R. glaucus* sin espina, con espina, así como mora Uva, esta última constituye una similitud a *R. alpinus*, que fue descrita en el presente trabajo.

La mayor diversidad de morfotipos de hongos formadores de micorrizas se encontró en la finca El Pino, con 41 morfotipos que corresponde 56% de la diversidad, seguido de la finca La Esmeralda con 25%, finca El Salado 11%, finca El Recuerdo con 8%.

Los géneros de Micorrizas arbusculares identificados correspondieron principalmente a *Glomus* y *Diversispora* seguido por *Pacispora*, *Acaulospora*, *Intraspora* y *Otospora*.

Los análisis de porcentaje de micorrización de los HMA no varían en las variedades comerciales, pero si entre las fincas, presentándose diferencia estadística en la interacción variedad - finca

El porcentaje de micorrización de los HMA si varían entre las variedades comerciales y especies silvestres que se encuentran en la misma finca, entre las fincas y en la interacción variedad finca, sin embargo las especies nativas dentro de una finca no presentaron diferencia estadística para las mismas.

Recomendaciones

Continuar estudios con los aislamientos obtenidos de los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares a través de pruebas moleculares para confirmar las familias-géneros y especies.

Implementar un banco de germoplasma de HMA asociados con plantas de mora.

Realizar estudios en otras veredas para observar la diversidad de morfotipos nativos.

Estudiar el efecto de especies nativas sobre los cultivos de mora y estudiar la factibilidad de implementar el uso de HMA nativas como biofertilizantes en los cultivos de mora de la región.

Referencias

- Instituto Colombiano Agropecuario,(ICA). (Agosto de 2018). *Productos registrados bionsumos*.
Obtenido de <https://bit.ly/2VsnhvG>.
- Agrios, G. (2002). *Fitopatología*. Academic . Mexico.
- Aguilera, G. L., Olalde, P. V., Arriaga, M. R., & Contreras, A. R. (12 de Febrero de 2007).
Micorrizas Arbusculares. *14*(3), 300-306. Obtenido de Micorrizas arbusculares:
<https://www.redalyc.org/pdf/104/10414307.pdf>
- ASPAGRO. (2003). *Mora de castilla (Rubus glaucus)*, Asociación de agricultores, ASPAGRO,
ASPRI, SAFRIMORA; Unión Europea. Pamplona. 2008. Pamplona, Colombia.
- Auge, R. (2000). Stomatal behavior of arbuscular mycorrhizal plants. In: Kapulnik Y and Douds
DD Eds. *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic
Publishers, Dordrecht, The Netherlands 384 pp.
- Azcon, C., & Barea, J. (1980). Micorrizas. *Investigación y ciencia.*, 47, 1-8.
- Burrola, A. C. (Febrero de Septiembre 2015). *Simbiosis fúngica Micorrizas*. Universidad
Autónoma del Estado de México, México.
- Cancino, E. G., Sánchez, M. L., Quevedo, G. E., & Carvajal, D. C. (2011). Caracterización
fenotípica de accesiones de especies de Rubus L. de los municipios de Pamplona y
Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum* 2011, Vol. 16 N° 3:
219-233.
- Canseco, V. E., & Guerrero, R. J. (29 de Enero de 2014). *Use micorrizas para mejorar la
nutrición vegetal en producción de hortalizas*. Obtenido de <https://bit.ly/2Gq6Blc>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. (2009). Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado, manual técnico. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf

Entry, J., Rygielwicz, P., Watrud, L., & Donnelly, P. (2002). Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhizas- *Advances in Environmental Research* 7:123-138.

Escobar, T. C. (2011). Sector Mora Norte de Santander, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Republica de Colombia. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93202012%20-%20Junio%20-%20Norte%20de%20Santander.pdf>

Escobar, T. C. (Marzo de 2015). *CADENA PRODUCTIVA NACIONAL DE LA MORA*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93202015%20Marzo.pdf>

Espitia, D. F., & Perez, C. A. (2016). Diversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en tres agroecosistemas con pasto colosoana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en el departamento de Sucre. *Revista Colombiana Ciencia Animal*, 8(1), 72-81.

Federacion Nacional de cafeteros de Colombia. (2004). “El cultivo de la mora de Castilla”.

Forero, G. E., Azcón, A. C., & Barea, J. M. (1996). MICORRIZAS. *RECURSO BIOLÓGICO DEL SUELO*.

Franco, G., & Giraldo, C. M. (1998). *El cultivo de la mora*, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11348/4039>

Gendermann, J.W., Nicholson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* Vol 46: 235-244.

Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infections in roots. *New phytologist*, 84, 489-500.

Grijalba, R. C. (2009). Rendimiento y calidad de dos materiales de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.): con espinas y sin espinas cultivadas a campo abierto en cajicá (cundinamarca, colombia), Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://bit.ly/2MpLcZg>

Guadarrama, C. P., Sánchez, G. I., Álvarez, S. J., & Ramos, Z. J. (2004). Hongos y plantas beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *UNAM*, 1-19.

Harley, & Smith. (1983). *Sobre micorrizas*. (E. López, & M. A. Barceló, Editores) Obtenido de www.encuentros.uma.es/encuentros55/micorrizas.html

INVAM. (7 de Agosto de 2018). *West Virginia University*. Obtenido de International Culture Collection of (vesicular) Arbuscular Micorrhizal Fungi: <https://invam.wvu.edu/>

Jennings, D. (1998). *Raspberries and blackberries: Their breeding, disease and growth*.

Obtenido de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/19-66-1-PB.pdf>

- Lizarazo, J. J. (10 de octubre de 2018). Estadística de siembra y producción de Productos Agrícolas. *Técnico de apoyo, Secretaría y Desarrollo Rural*. Pamplona.
- Lizarazo, R. S. (2016-2019). Mapas de Pamplona. Pamplona.
- Lopez, I. C. (16 de Febrero de 2016). *Micorrizas: usos y beneficios*. Obtenido de <https://bit.ly/2sI4MXa>
- MADR. (2006). (*Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural, ; gobernación de Norte de Santander; FNFH (Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola); Asohfrucol (Asociación Hortofrutícola de Colombia) y SAG (Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca*).
- Moncada, U. A. (2011). Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*).
- Moncada, G., & Narváez, S. (enero - junio de 2015). Efecto de la inoculación simple y combinada con Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HFMA) y Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en plántulas micropropagadas de mora (*Rubus glaucus* L.). *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 16((1)), 95-103. Obtenido de <https://bit.ly/2kFEL7u>
- Moreno, M. B., Casierra, P. F., & Blanke, M. (Enero-Junio de 2016). Indices de crecimiento en plantas de mora (*Rubus alpinus* Macfad) bajo diferentes podas. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 10(1), 28-39. doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4457>
- Phillips, J., & Hayman, D. (August de 1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of

- infection. . *ScienceDirect*, 55(1), 158-161. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Reina, G. C. (1998). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la mora de Castilla (Rubus Glaucus) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Obtenido de <https://bit.ly/2DvWGgs>
- Romoleroux, K. (1996). Rosaceae. Flora del Ecuador: In: G. Harling and L. Anderson.
- Sánchez, d. P., Posada, A. R., Velasquez, P. D., & Narvèez, C. M. (2010). Metodología basicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorrizas arbuscular. *Researchgate*, 1-141.
- Sánchez, J. D., & Lerma, J. M. (29 de Abril de 2015). *Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos*. Obtenido de <https://bit.ly/2WJZEzY>
- Sánchez, L. R. (20 de Enero de 2019). Distribución de Rubus spp. (L. Leal, & A. Becerra, Entrevistadores)
- Schalamuk, S., Druille, M., & Cabello, M. (2013). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: Influencia de las prácticas agronómicas sobre su diversidad y dinámica de colonización. Inés Eugenia García de Salomone, Susana Vázquez Claudio Penna & Fabricio Cassán. Obtenido de <https://bit.ly/2GTfpQt>
- Smith, S., & Read, D. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis. Second Edition. Academic Press, London. pp. 26-160.*

Torres, C. H., & Salazar, D. J. (Última modificación, martes, 12 Diciembre de 2017). *Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de Frutales Tropicales, Cadena de mora:

<http://www.agronet.gov.co>

Velandia, D. L. (2006). *Evaluacion y caracterizacion de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (Manihot esculenta sp) en dos reiones de la Amazonia Colombiana*. Obtenido de

<https://www.javeriana.edu.co/biblos/>

Anexos

Anexo 1. Preparación de solución de sacarosa al 72%

Azúcar de cocina

Tween 80

Agua destilada

Para preparar 100ml de solución de sacarosa se utilizan 72g de azúcar, 2ml de tween 80 y se completa con agua destilada hasta llegar a los 100ml, seguidamente se mezcla y disuelve completamente al calor (aproximadamente a 60°C).

Anexo 2. Observación microscópica de las esporas de micorrizas arbusculares encontradas en la plantas de *Rubus* sp.



Esporas observadas en estereoscopio (32x) a partir *Rubus* sp. Fuente: autoras

Anexo 3. Preparación de azul de Tripano

Para 100 ml se utilizó 0,05% g de azul de Tripano, en solución base

Anexo 4. Preparación de solución montaje de esporas

Solución base y de montaje:

100ml de glicerol

100ml de ácido láctico

100 ml de agua destilada

Se mezclaron en volúmenes 1:1:1

Anexo 5. Reconocimientos de especies y variedades de Mora comercial y silvestre de *Rubus* sp.



Reconocimiento de las especies de *Rubus*, encontradas en las diferentes fincas. Fuente: Autoras.

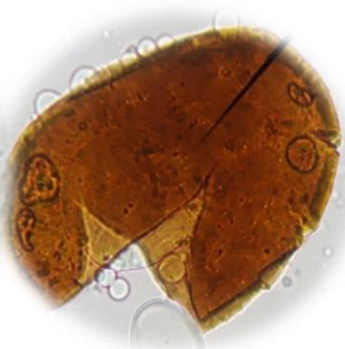
Anexo 6. Características fenotípicas de las esporas de micorrizas arbusculares encontradas en la plantas de mora de a vereda Sabaneta y San Francisco del Municipio de Pamplona Norte de Santander.

		Vereda Sabaneta Alta						Vereda Sabaneta Baja						Vereda san Francisco				
		Finca el pino			La Esmeralda			El recuerdo			El salado							
Variables	Características	Mora uva	R. glaucus Benth (con espina)	R. glaucus Benth (sin espina)	R. Urticifolius	R. floribundus	R. alpinus	Mora uva	R. glaucus Benth (con espina)	R. glaucus Benth (sin espina)	R. Urticifolius	R. floribundus	Mora uva	R. glaucus Benth (con espina)	R. glaucus Benth (sin espina)	Mora uva	R. glaucus Benth (con espina)	R. glaucus Benth (sin espina)
Hifa de conexión	Sin hifa de conexión	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxxxx	xxx	xxxxx	xxxx	xx	xxxxxxxx	xx	xxx	x	xxx	xx	xxx	xx	xxxxx	
	Colita de marrano	x		xxx			x					x						
	Pico de pájaro			x														x
	Bulbo				x			x				x						
	Sin bulbo				xx													x
Diámetro aproximado	Forma de bate	xx	xx	xx	x		xxx		x		x		x	x	x			x
	53-75 µm	xxxx	xxx	xxxxxxxx	xxx	xx	xxxxx	xx	xxxxxx		xx	x	xxx	x	xx	xx	xx	xx
	75-125 µm	xxxxx	xxxxx	xxxx	xx	xx	xxx	x	xxx	xx	xx	xx	x	xx	xx		xx	xx
Color	125-250 µm			xx	x	xx												x
	Claras		xxxx	xxx			x							x				x
Color	Amarrillo	xxxxxx	xxx	xxxxxxxx	xxx	xxxx	xxxxx	xx	xxxxxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	x	xxxx	x
	Café o marrón	xxx	x	xxxx	xxx	xx	xx	x	xxx		x		xx	x	xx	x	x	x
Nº de paredes	1 pared	xxxxxx x	xxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxx	xxxxx	xxxxxx	xx	xxxxxx	xx	xxxx	xxx	xxxx	xxx	xxxx	xx	xxxxx	xxx
	2 paredes	xx	xx	xxxxx		x	x	x										
	3 paredes								xx									
Forma	Redondas	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxxxxx xx	xxxxx	xxxxx	xxxxxx	xx	xxxxxx	x	xx	xxx	x	xxx		xx	xxx	xx
	Ovaladas	xxx	xx		x	x	x	x		x	xx		xxx		xxxx		xx	x

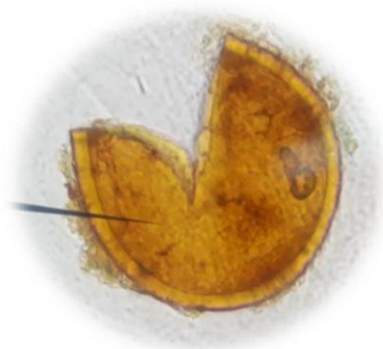
* Características morfológicas de HMA, cada X significa la cantidad de esporas evaluadas para cada variedad y especies del genero *Rubus*. Fuentes: autoras.

Anexo 7: Morfotipos encontrados en cada una de las fincas.**Finca el pino**

a.



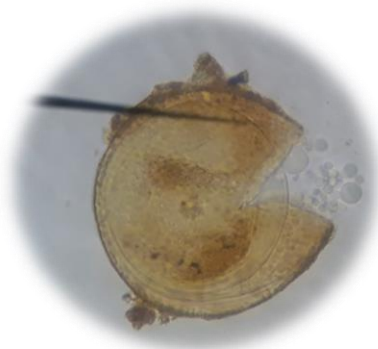
b.



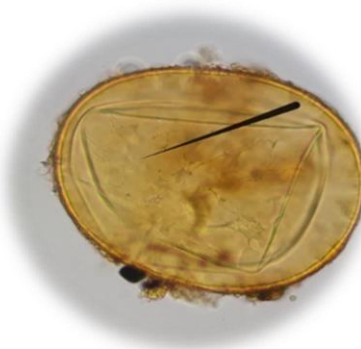
c.



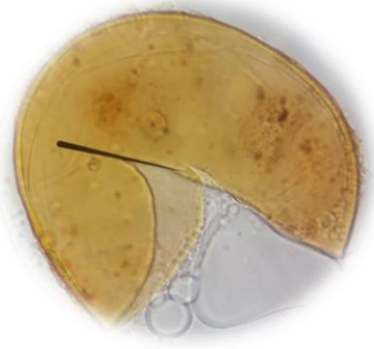
d.



e.



f.



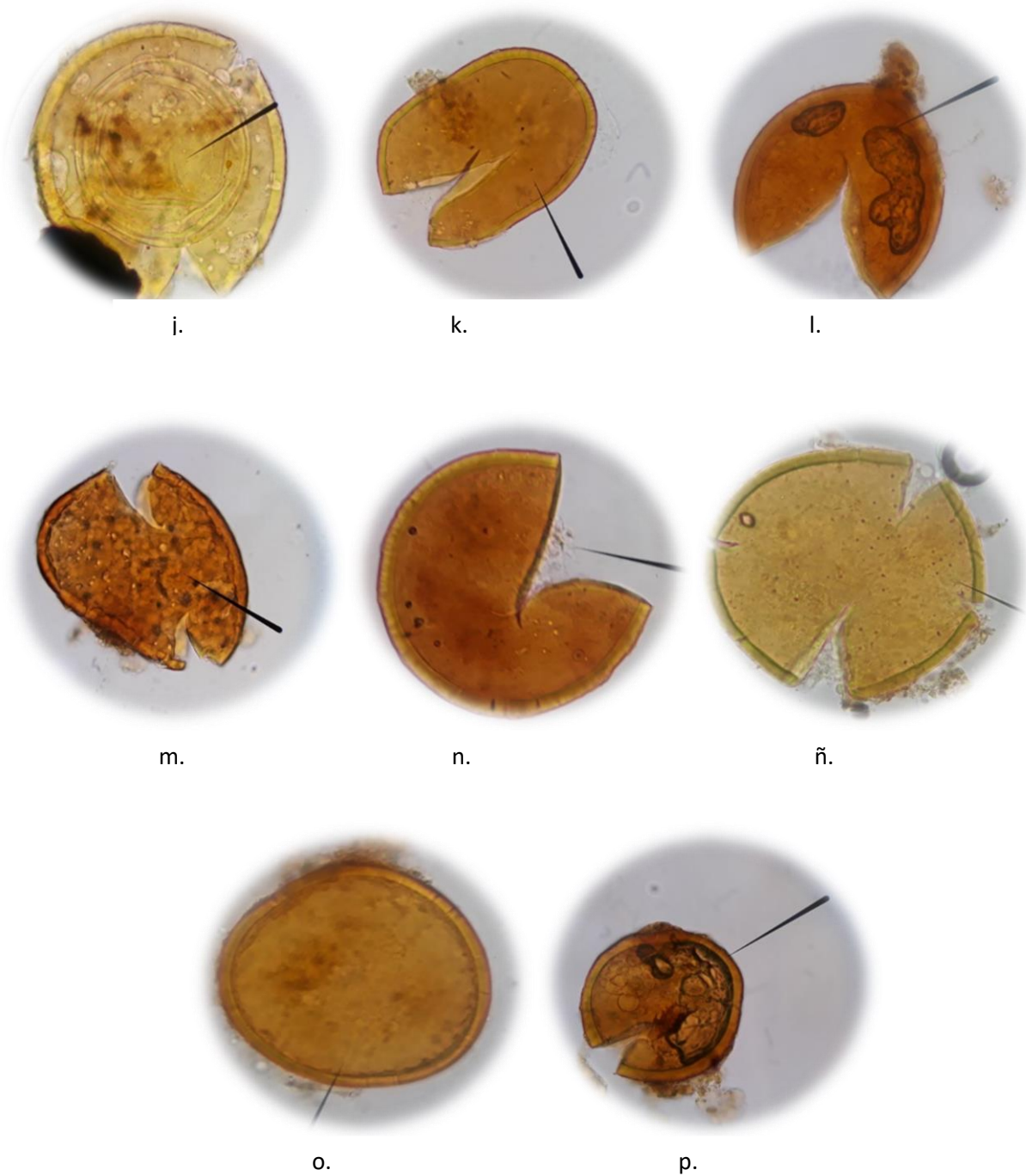
g.



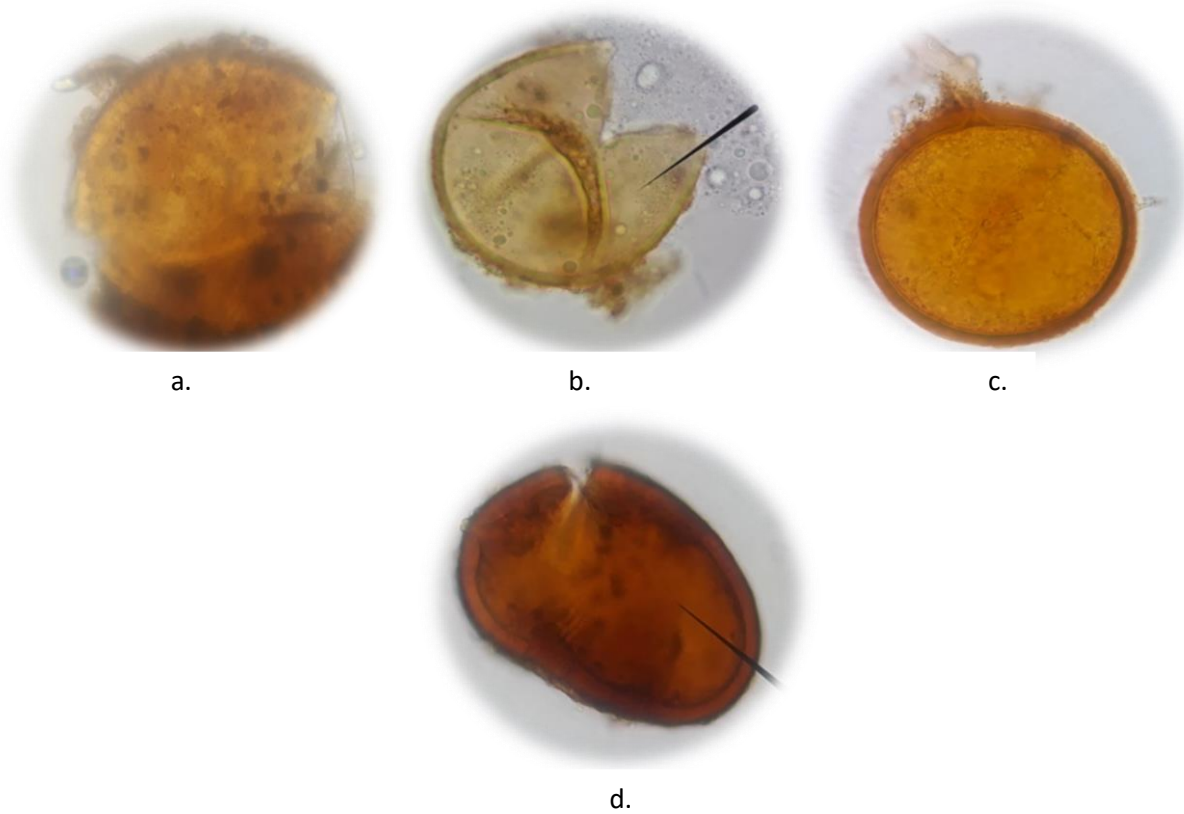
h.



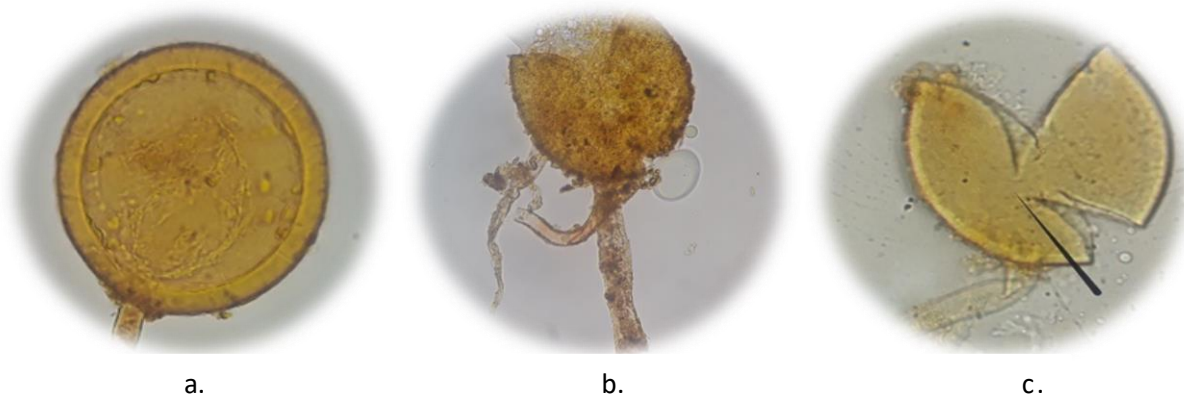
i.

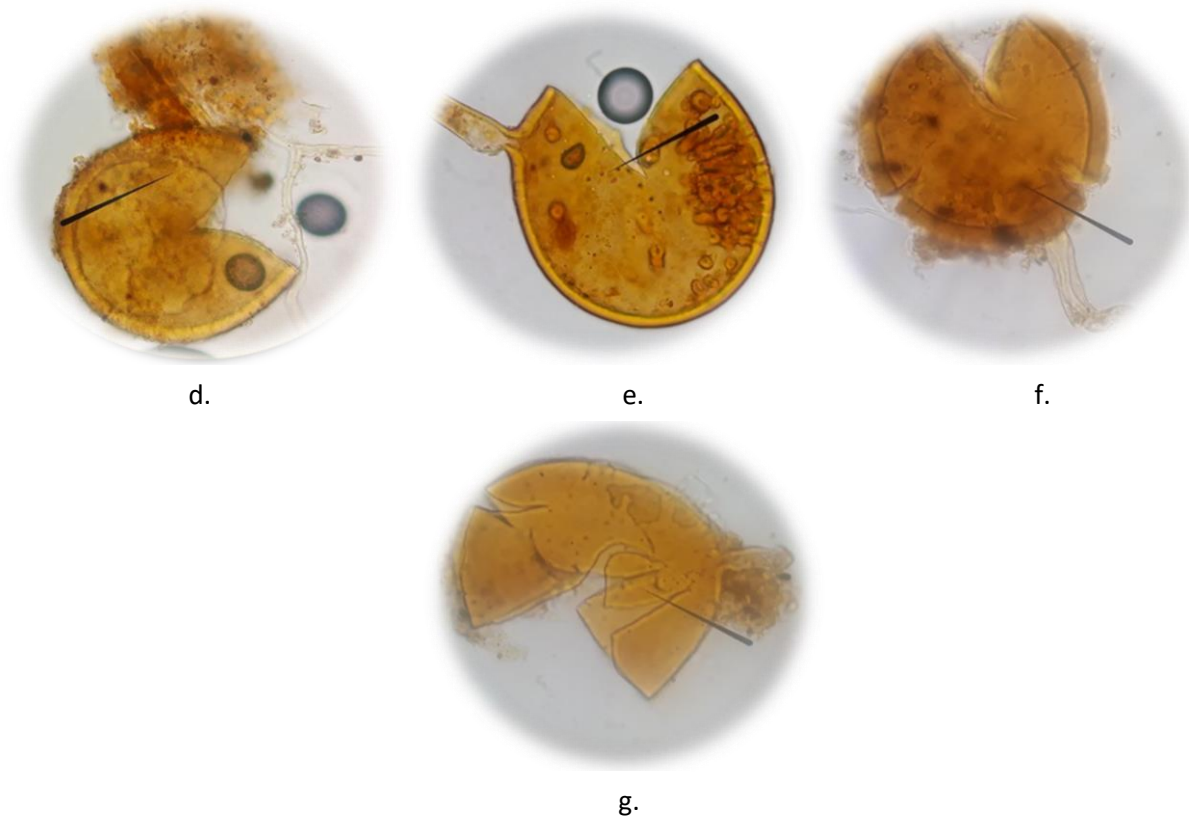


Glomus y/o *Diversisporaceae*: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4, e.sp5, f.sp6, g.sp7, h.sp8, i.sp9, j.sp10, k.sp11, l.sp12, m.sp13, n.sp14, ñ.sp15, o.sp16, p.sp17. Fuentes: autoras.

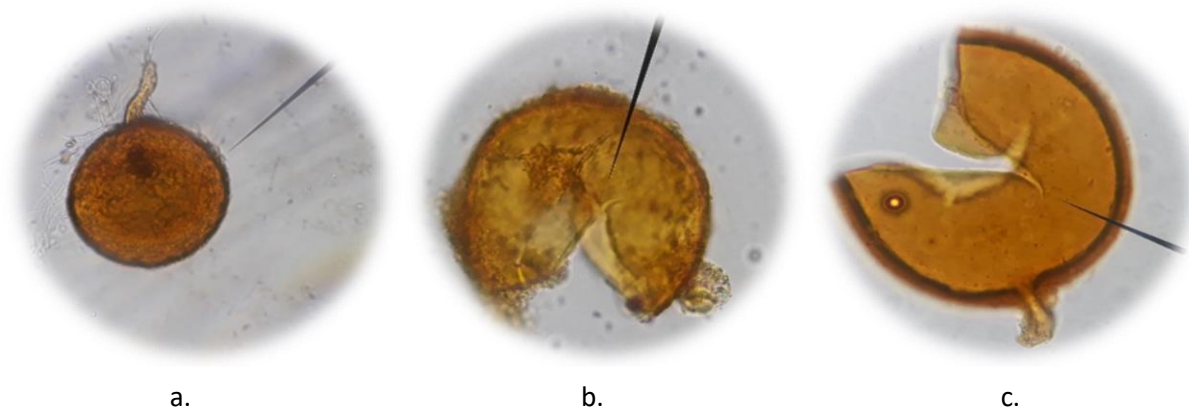


Glomus: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4. Fuentes: autoras.

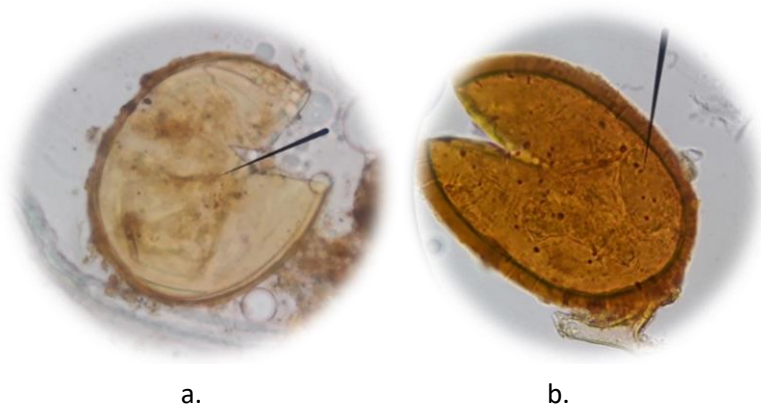




Diversisporaceae: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4, e.sp5, f.sp6, g.sp7. Fuentes: autoras.

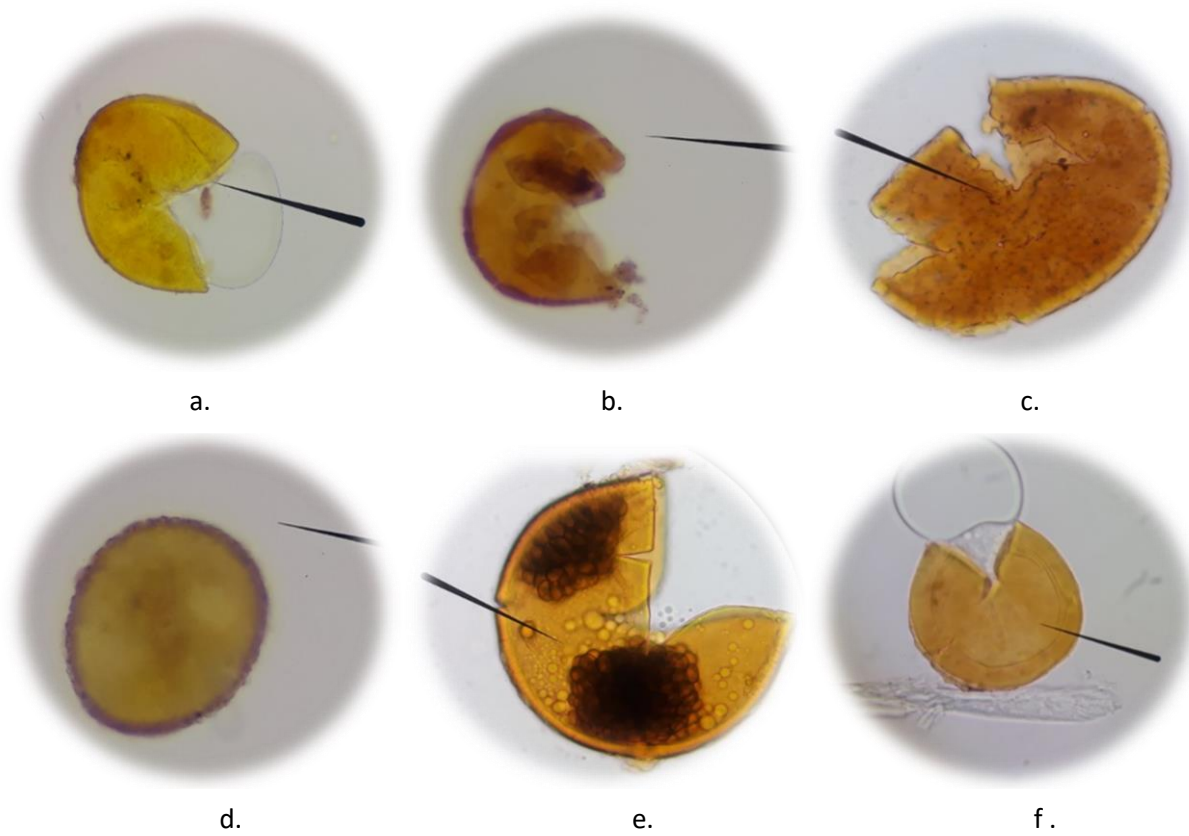


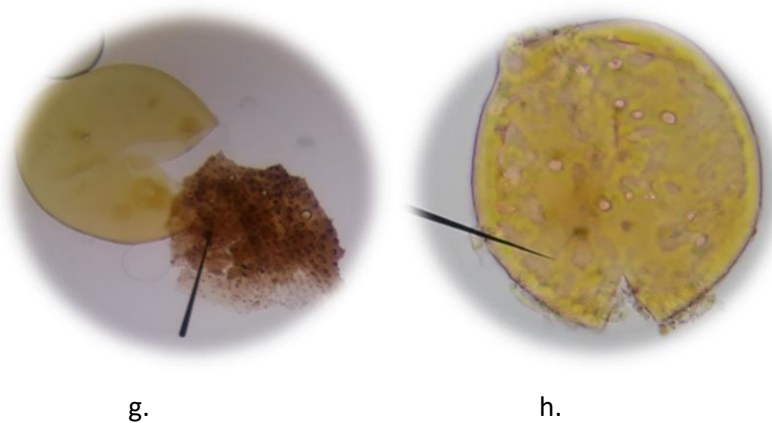
Pacisporaceae: a.sp1, b.sp2, c.sp3. Fuentes: autoras.



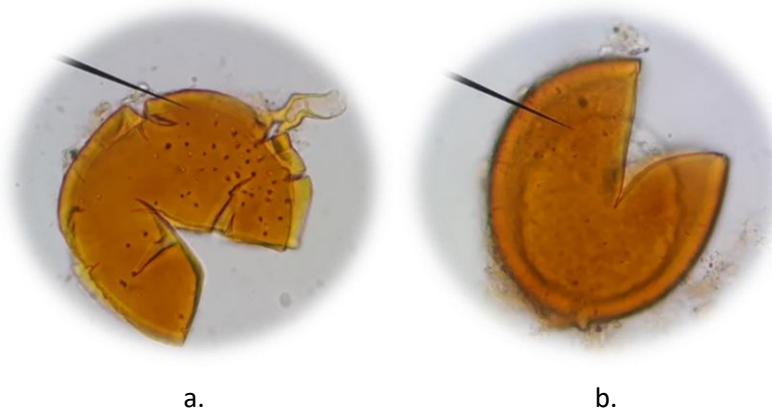
Intraspora: a.sp1, b.sp2. Fuentes: autoras.

Finca La Esmeralda

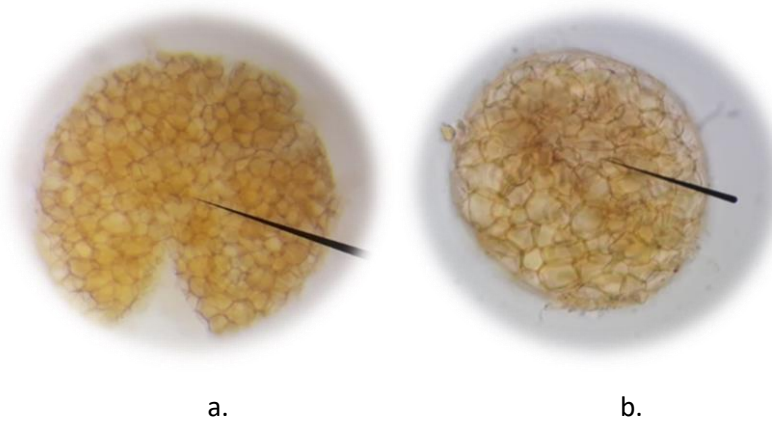




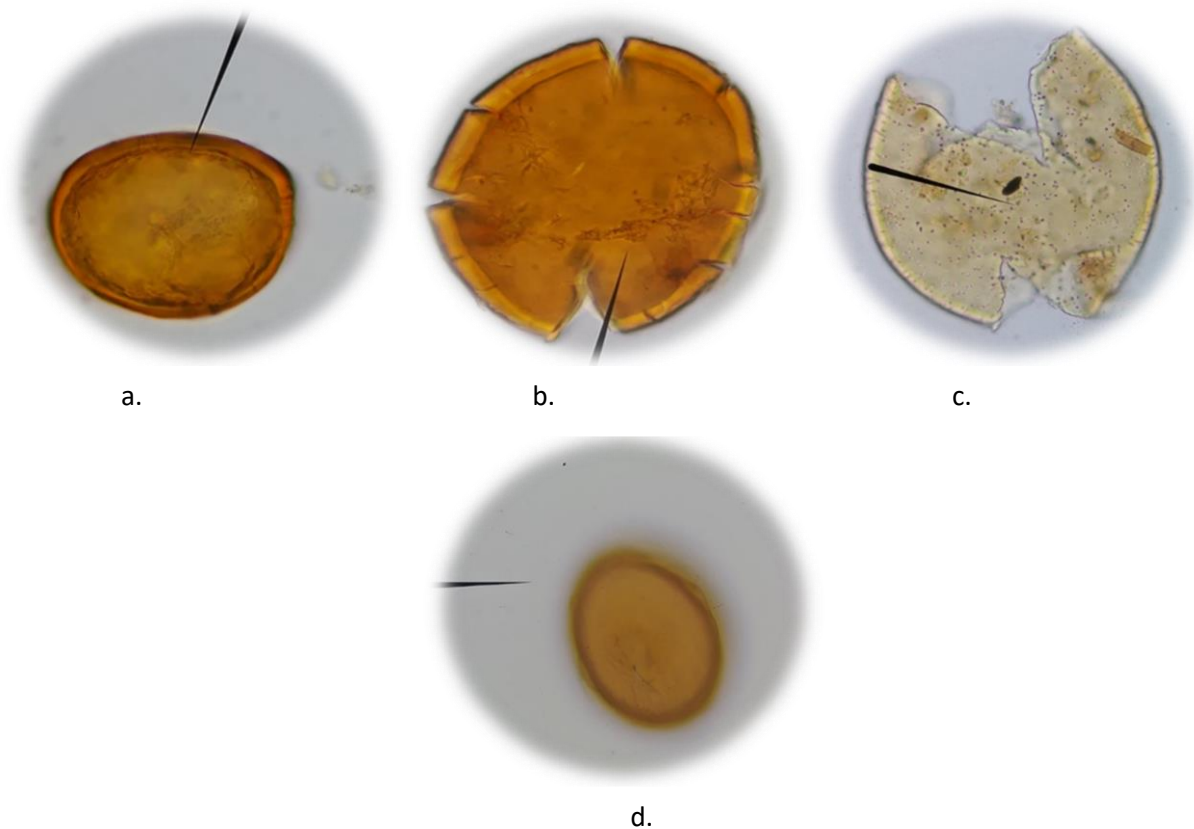
Glomus /y o *Diversisporaceae*: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4, e.sp5, f.sp6, g.sp7, h.sp8.
Fuentes: autoras.



Glomus: a.sp1, b.sp2. . Fuentes: autoras.



Acaulosporaceae: a.sp1, b.sp2. Fuentes: autoras.

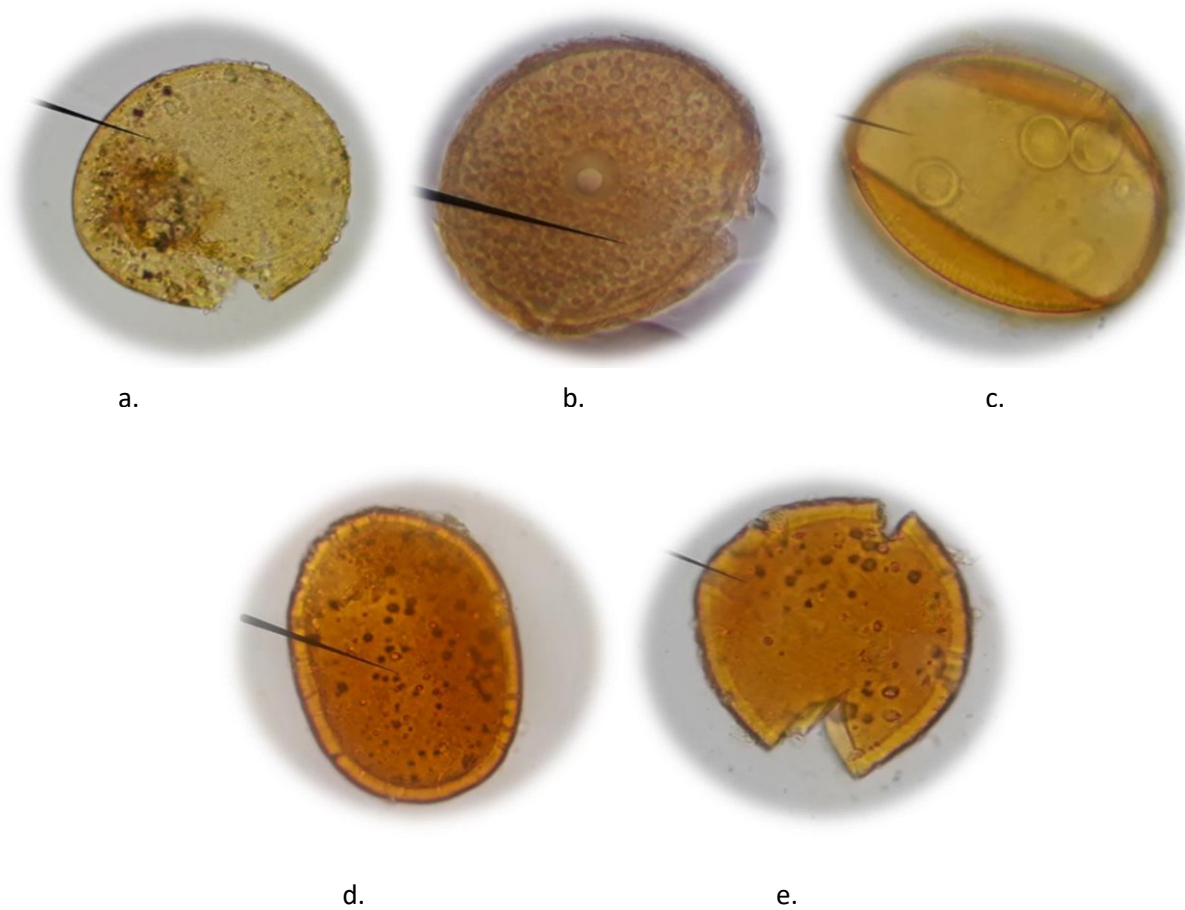
El Recuerdo

Glomus /y o *Diversisporaceae*: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4. Fuentes: autoras.

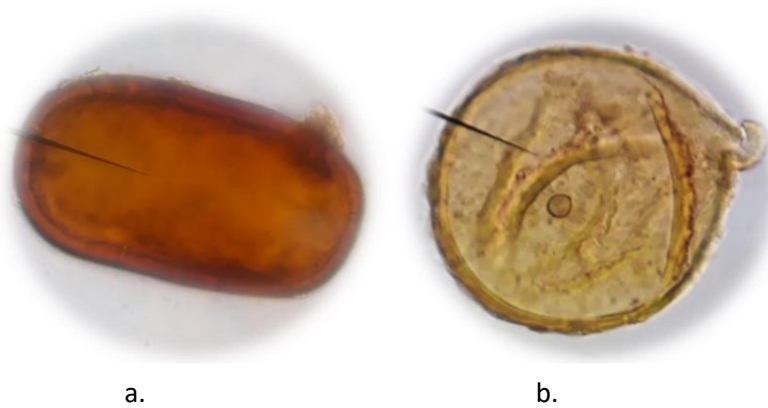


Diversisporaceae: a.sp1. Fuentes: autoras.

El Salado



Glomus /y o Diversisporaceae: a.sp1, b.sp2, c.sp3, d.sp4, e.sp5. Fuentes: autoras.



Glomus: a.sp1, b.sp2. Fuentes: autoras.



a.

Diversisporaceae: a.sp1. Fuentes: autoras.

Anexo 8.

Cuantificación de esporas en muestra de 50g de suelo *Rubus* sp.

		N° de esporas según su diámetro (µm)				Total de esporas por 50 g/suelo	Total de esporas g/suelo
variedades comerciales y especies silvestre		53- 75	75- 125	125- 250			
Fincas							
El Pino	Mora Uva	167	416	31	614	12.28	
	Mora de castilla (sin espina)	59	250	34	343	6.86	
	Mora de castilla (con espina)	109	263	0	372	7.44	
	<i>R. alpinus</i>	245	85	11	341	6.82	
	<i>R. floribundus</i>	115	287	58	460	9.2	
	<i>R. Urticifolius</i>	348	212	33	593	11.86	
La Esmeralda	Mora Uva	137	60	0	197	3.94	
	Mora de castilla (con espina)	116	87	0	203	4.06	
	Mora de castilla (sin espina)	3	47	13	63	1.26	
	<i>R. floribundus</i>	5	97	3	105	2.1	
	<i>R. Urticifolius</i>	39	22	6	67	1.34	
	El Recuerdo	Mora Uva	26	20	1	47	0.94
Mora de castilla (con espina)		13	101	2	116	2.32	
Mora de castilla (sin espina)		26	20	1	47	0.94	

El Salado	Mora Uva	30	0	0	30	0.6
	Mora de castilla (con espina)	41	45	38	124	2.48
	Mora de castilla (sin espina)	30	34	2	66	1.32

Fuentes: autoras.

Anexo 9. Datos para el análisis estadístico.

veredas y fincas	variedades comerciales y especies silvestre	Plantas	% colonización = (campos colon/campos totales)100	Prom%hifas	Prom% vesículas	Prom% arbusculos	% Total de colonización
Sabaneta Alta El Pino	Mora Uva	1	98	16.4	11.6	0.2	28.2
		2	100	16.5	11.4	0.4	28.3
		3	100	15.4	10	0.6	26
	Mora de castilla (sin espina)	1	100	6.8	8.3	9.1	24.2
		2	100	6.9	7.1	8.3	22.3
		3	100	5.9	5.2	9.8	20.8
	Mora de castilla (con espina)	1	88	6	19.9	0.5	26.4
		2	100	8.7	28	0.7	37.4
		3	100	7.4	19	0.9	27.3
	<i>R. alpinus</i>	1	86	3.2	2.5	0.4	6.1
		2	90	4.2	3.7	0.3	8.1
		3	76	3.8	3.4	0.2	7.4
	<i>R. floribundus</i>	1	84	3.6	6.5	5.3	15.5
		2	68	1.9	4.6	6.7	13.2
		3	62	0.5	2.3	5.2	8
<i>R. urticifolius</i>	1	62	3.1	2.3	1.8	7.2	
	2	82	7.7	2.7	3	13.4	
	3	84	4.8	4.3	3.7	12.8	
La Esmeralda	Mora Uva	1	98	5.5	11.3	7.8	24.6
		2	88	2.9	10.2	4.4	17.4
		3	90	3.3	12	2.6	17.9
	Mora de castilla (sin espina)	1	94	5.9	15.6	10.2	31.8
		2	94	4.1	11.4	10.8	26.3

		3	100	5.4	12.3	9.8	27.6
	Mora de castilla (con espina)	1	98	3.4	7	11.6	22
		2	98	2.1	10.4	12	24.5
		3	96	1.5	10.6	9.1	21.2
	<i>R. floribundus</i>	1	100	4.5	5.4	15.5	25.4
		2	100	6.7	4.2	15.2	26.1
		3	100	4	2.6	13	19.6
	<i>R. urticifolius</i>	1	100	6	7.8	13.9	27.7
		2	100	6.2	6	16	28.2
		3	100	5.6	6.5	12.7	24.9
Sabaneta Baja El Recuerdo	Mora Uva	1	96	4.5	0.9	2.9	8.3
		2	100	3.8	1	6.1	10.9
		3	98	2.9	1.7	8.7	13.3
	Mora de castilla (sin espina)	1	100	2.7	10.4	2.1	15.2
		2	94	4.1	6	2.2	12.3
		3	96	3.2	8.9	2.8	14.9
	Mora de castilla (con espina)	1	98	2	2.9	5.5	10.4
		2	98	1.2	1.6	5.6	8.4
		3	98	1.4	1.8	6.3	9.5
San Francisco El Salado	Mora Uva	1	100	14.8	25.9	2.1	42.8
		2	100	2.1	2.2	11	15.3
		3	100	8.5	14.1	6.5	29
	Mora de castilla (sin espina)	1	100	1.9	2.2	8.6	12.6
		2	100	1.8	2.8	9.5	14.1
		3	100	14.4	13.9	20	48.3
	Mora de castilla (con espina)	1	100	100	16.5	11.4	0.4
		2	100	9.5	8.9	9.1	27.5
		3	96	6.3	8.3	8.4	23.1

Fuentes: autoras.