

**Determinación del efecto de la aplicación de un consorcio microbiano entomopatígeno
para el manejo de marchitez vascular en plantas de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims)
en Arbeláez (Cundinamarca)**

Odahir Zoranny Torres Rubiano

Julieth Stephanie Parra Muñoz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Agronomía

Fusagasugá

2020

**Determinación del efecto de la aplicación de un consorcio microbiano entomopatógeno
para el manejo de marchitez vascular en plantas de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims)
en Arbeláez (Cundinamarca)**

Odahir Zoranny Torres Rubiano

Julieth Stephanie Parra Muñoz

Trabajo de grado como requisito parcial

para optar el título de Agrónomo

Directora:

Biol. MSc. Cristina Mendoza Forero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Agronomía

Fusagasugá

2020

Página de Aceptación

Cristina Mendoza Forero

Directora Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A Dios por darme la sabiduría y guiarme, a mí querida madre quien, con sus esfuerzos, sus consejos y su apoyo me brindó la oportunidad de obtener este logro.

A mi hermano quien ha sido incondicional en su ayuda. A la memoria de mis abuelos Pedro y Elvira y mi tía Nora, quienes desde el cielo me han acompañado y me han dado el valor para continuar en la consecución de mis metas.

Odahir Zoranny Torres Rubiano

Dedico esta tesis inicialmente a Dios por permitirme culminar este proceso, por brindarme los medios para poder realizarla; así mismo a mi esposo quien siempre ha sido mi apoyo y sostén y mi hijo quien con su presencia ha incentivado cada una de las cosas que hemos realizado. Igualmente agradezco a mi compañera de tesis y a nuestra directora por su entrega, dedicación y compromiso.

Julieth Stephanie Parra Muñoz

Agradecimientos

Las metas que se alcanzan a través de la vida no se consiguen solas, por ello nuestros agradecimientos a:

Dios por darnos la sabiduría y la oportunidad de lograr culminar nuestros estudios.

Nuestras familias por el apoyo en el desarrollo y consecución de este logro.

A la docente Cristina Mendoza, directora de esta tesis, por la confianza depositada al hacernos partícipes del semillero Biotropico, por su guía y conocimientos, iniciándonos en el camino de la investigación con el desarrollo de este trabajo.

Al doctor Jordano Salamanca por el apoyo brindado con sus conocimientos y experiencia en entomología como fuente de motivación para la investigación.

A la ingeniera Stephanie Hurtado Clopatosky por la colaboración para el desarrollo de las mediciones de clorofila en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Al docente Javier Álvarez Herrera de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja por la colaboración para el préstamo del SPAD Konica Minolta 502®.

A la docente y productora de gulupa Pilar Rojas Gracia por su apoyo y conocimientos para los procesos microbiológicos de aislamiento del hongo *Fusarium oxysporum* f s.p *passiflorae* en laboratorio y por permitirnos desarrollar nuestro trabajo en su producción.

Al docente y productor Avilio Rojas Betancourt por permitirnos desarrollar esta investigación en su producción de gulupa.

Los docentes que participaron en nuestro desarrollo profesional durante la carrera brindándonos sus conocimientos.

A nuestros compañeros Katterine Paez y Javier Mayorga por su colaboración en campo.

Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización del trabajo, nuestros más sinceros agradecimientos.

Tabla De Contenido

Contenido

Listado De Tablas	13
Abstract	18
Introducción	20
Objetivos	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
Marco Teórico.....	25
Gulupa	25
Fusarium oxysporum f s.p passiflorae.....	37
Respuesta fisiológica de la gulupa al ataque de <i>Fusarium oxysporum sp passiflorae</i>	37
Medición de clorofila y detección temprana de marchitez vascular	39
Artrópodos del suelo	40
Técnicas de colecta de artrópodos del suelo	41
Entomopatógenos	42
<i>Lecanicillium lecanii</i>	43
<i>Metarhizium anisopliae</i>	45
<i>Beauveria bassiana</i>	46
Localización	47

.....	49
.....	49
Aplicación de microorganismos entomopatógenos.....	50
Tratamientos.....	51
Evaluación de incidencia.....	53
Evaluación de clorofila.....	54
Efecto del consorcio microbiano entomopatógeno sobre entomofauna del suelo	62
Análisis estadístico.....	67
Resultados y Discusión.....	68
Dinámica de la entomofauna con la aplicación de consorcios.....	68
Incidencia de la marchitez vascular	77
Medición de clorofila	83
Referencias Bibliográficas	95
Anexos	109

Listado De Figuras

Figura 1. Cultivo de gulupa finca “Union Crop” municipio de Arbeláez (Cundinamarca), vereda San Luis. Fotografía tomado por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.	47
Figura 2. Cultivo de gulupa finca “El Mirador” municipio de Pasca (Cundinamarca), vereda El Retiro. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	48
Figura 3. Mapa Político Administrativo municipio de Arbeláez (Cundinamarca), vereda San Luis. Fuente: Secretaría de Planeación. Plan de Desarrollo Arbeláez Somos Todos 2020.	49
Figura 4. Mapa veredal municipio de Pasca (Cundinamarca), vereda el retiro. Fuente: Base cartográfica municipal Pasca- Plan de Desarrollo Un Cambio Con Sentido Social 2020-2023. .	50
Figura 5. Preparación de los lotes para la siembra de gulupa. Tiempo cero sin aplicación de consorcio. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.....	51
Figura 6. Preparación de los lotes para la siembra de gulupa. Tiempo cero sin aplicación de consorcio. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 7. Observación de plantas con síntomas asociados a Marchitez Vascular. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 8. Obtención de cortes de gulupa para aislamiento del hongo F. Fotografía tomado por: Pilar Rojas. Fuente: elaboración propia.	55
Figura 9. Cortes de gulupa para aislamiento del hongo F. oxysporum. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	55
Figura 10. Cámara para realizar el aislamiento del hongo F. oxysporum. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	56
Figura 11. Proceso de aislamiento del hongo F. oxysporum. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	56

Figura 12. Cortes de gulupa en medio de cultivo. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.....	56
Figura 13. Plantas de gulupa inoculadas con <i>Fusarium oxysporum</i> , primeras mediciones de clorofila realizadas en la Universidad Nacional de Colombia. Fotografía tomada por: Stephanie Hurtado. Fuente: elaboración propia.....	58
Figura 14. Plantas de gulupa inoculadas con <i>Fusarium oxysporum</i> , primeras mediciones de clorofila realizadas en la Universidad Nacional de Colombia. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	58
Figura 15. Segunda medición de clorofila. Tratamiento uno plantas con <i>Fusarium</i> sin consorcio, CFSC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	59
Figura 16. Segunda medición de clorofila. Tratamiento dos plantas con <i>Fusarium</i> con consorcio, CFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	60
Figura 17. Segunda medición de clorofila tratamiento tres plantas sin <i>Fusarium</i> con consorcio, SFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	60
Figura 18. Segunda medición de clorofila. Tratamiento cuatro plantas sin <i>Fusarium</i> sin consorcio, SFSC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	61
Figura 19. Aplicación del consorcio al tratamiento dos CFCC y al tratamiento tres SFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	61
Figura 20. Medición de clorofila. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	62
Figura 21. Recolección de muestras de suelo lotes A y B en Arbeláez (Cundinamarca). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.	64

- Figura 22.** Pesaje y montaje de la muestra de suelo en el embudo Berlese-Tullgren. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia. 64
- Figura 23.** Embudo Berlese-Tullgren. Fotografía: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia..... 64
- Figura 24.** Embudo Berlese-Tullgren. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia..... 65
- Figura 25.** Líquido del recipiente de caída en caja de Petri. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia..... 65
- Figura 26.** Observaciones realizadas en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia..... 66
- Figura 27.** Artrópodos observados en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia..... 66
- Figura 28.** Dinámica entomofauna del suelo con baja presencia de FO (porcentaje). Fuente: elaboración propia..... 69
- Figura 29.** Dinámica entomofauna del suelo con alta presencia de FO (porcentaje). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 71
- Figura 30.** Ácaro con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 71
- Figura 31.** Colémbolo con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia..... 71
- Figura 32.** Sinfílido con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia..... 72
- Figura 33.** Larva de coleóptero con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 72

- Figura 34.** Planta de gulupa Con Fusarium Sin Consorcio (izq) y planta de gulupa Con Fusarium Con Consorcio (der). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 73
- Figura 35.** Larva de coleóptero en muestra de suelo. Fotografía tomada por: Katterine Paez. Fuente: elaboración propia..... 74
- Figura 36.** Sinfilido observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia..... 75
- Figura 37.** Colémbolos observados en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia..... 76
- Figura 38.** Ácaro observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia..... 77
- Figura 39.** Enrojecimiento de los haces vasculares del tallo de una planta joven de gulupa. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 80
- Figura 40.** Sintomatología de MV en plantas adultas de gulupa. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia..... 80
- Figura 41.** Sintomatología de plantas de gulupa con MV en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 81
- Figura 42.** Defoliación completa plantas de gulupa con MV en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia. 81
- Figura 43.** Medición de clorofila en unidades SPAD, día cero para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia..... 86
- Figura 44.** Medición de clorofila en unidades SPAD, día tres para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia..... 87

Figura 45. Medición de clorofila en unidades SPAD, día seis para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.....	87
Figura 46. Medición de clorofila en unidades SPAD, día nueve para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.....	88
Figura 47. Medición de clorofila en unidades SPAD, día doce para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.....	89
Figura 48. Medición de clorofila en unidades SPAD, día quince para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.....	89
Figura 49. Medición de clorofila en unidades SPAD, día dieciocho para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.....	90
Figura 50. Disminución del índice SPAD en plantas con Fusarium sin aplicación de consorcio en condiciones semicontroladas y sin presencia de clorosis. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.....	92
Figura 51. Índice SPAD en planta sin Fusarium sin aplicación de consorcio en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.....	92

Listado De Tablas

Tabla 1. Principales plagas en el cultivo de gulupa. Fuente: elaboración propia	26
Tabla 2. Principales enfermedades en el cultivo de gulupa. Fuente: elaboración propia.	31
Tabla 3. Productos químicos para el control de plagas en gulupa permitidos por el ICA. Fuente: elaboración propia.....	36
Tabla 4. Descripción de la aplicación del consorcio de microorganismos entomopatógenos. Fuente: elaboración propia.....	50
Tabla 5. Tratamientos en condiciones semicontroladas para la medición de la clorofila con el SPAD.....	59
Tabla 6. Porcentaje de individuos en los diferentes grupos de artrópodos del suelo con baja presencia de Fusarium oxysporum f.sp passiflorae. Fuente: elaboración propia.	68
Tabla 7. Porcentaje de individuos en los diferentes grupos de artrópodos del suelo con alta presencia de Fusarium oxysporum f.sp passiflorae.	69
Tabla 8. Anova, diseño completamente al azar (DCA). Fuente: elaboración propia.	84
Tabla 9. Prueba de Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$). N= 40. Fuente: elaboración propia.....	84

Tabla de anexos

Anexo 1. Estadística	109
-----------------------------------	-----

Glosario

Clamidospora: Espora asexual de pared gruesa que se forma por la modificación de una célula de las hifas de un hongo.

Consorcio microbiano: Un Consorcio Microbiano es una asociación natural de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan conjuntamente como una comunidad en un sistema complejo, donde todos se benefician de las actividades de los demás

Defoliación: Fenómeno consistente en la caída prematura de las hojas de los árboles y plantas, debido a una enfermedad, al influjo atmosférico o la acción humana.

Fúrcula: es un apéndice abdominal en forma de horquilla que poseen muchas de las especies del grupo collembola con función de desplazamiento.

Incidencia: es el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total. Los individuos pueden ser plantas, hojas, flores, folíolos, frutos, espigas, etc. Se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad.

Inocular: la introducción de microorganismos vivos, muertos o atenuados, en un organismo de forma accidental o voluntaria.

Micelio: Es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

Severidad: es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo.

Resumen

En la provincia de Sumapaz (Cundinamarca) el establecimiento implementación y producción de cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims), se ve afectada entre otros factores por la marchitez vascular (MV) causada por *Fusarium oxysporum* (FO). Este hongo fitopatógeno ingresa por las raíces que han sufrido heridas por artrópodos fitófagos (sinfílidos, ácaros, colémbolos e insectos) e invade los haces vasculares, ocasiona su taponamiento y evita el transporte de nutrientes y fotoasimilados, causando clorosis, estrés hídrico, marchitez y muerte vegetal. En busca de manejos alternativos, se realizó la aplicación de un consorcio microbiano entomopatógeno (*Lecanicillium lecanii*, *Purpureocillium lilacinum*, *Metharizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) en suelos de cultivo de gulupa con alta y baja presencia de FO. Se evaluó durante ocho meses la entomofauna presente, el porcentaje de incidencia de la marchitez vascular (MV) y la concentración de clorofila en las plantas de gulupa (unidades SPAD). Antes de la aplicación del consorcio, el suelo con alta presencia de FO presentó principalmente colémbolos 65% y coleópteros 13%, estas poblaciones disminuyeron tras la aplicación del consorcio (colémbolos 26%, coleópteros 0%). En baja presencia de FO, sin la aplicación del consorcio hay más grupos de artrópodos (colémbolos: 44%, ácaros: 24%, símfidos: 20% y coleópteros: 2%). Ocho meses después de la primera aplicación del consorcio las proporciones de la población cambiaron: colémbolos (70%), ácaros (18%), símfidos (0%) y coleópteros (0%). En cuanto a la incidencia de MV en suelos de alta presencia de FO disminuye de un 20% al 15% con la aplicación del consorcio, en los suelos con baja presencia la incidencia fue del 1.5% sin observarse diferencias atribuibles a la aplicación del consorcio. Finalmente, en plantas con alta presencia de FO, sin aplicación de consorcios y alta presencia de poblaciones de fitófagos presentaron una disminución de la clorofila (de 34,4 a 30.94 unidades SPAD) lo que afecta la

fotosíntesis, sin que el daño fuera aún visible al ojo humano (plantas asintomáticas). A partir de este estudio se sugiere que un manejo integrado de la MV puede incluir la aplicación de consorcios microbianos entomopatógenos para reducir la entomofauna de plagas, sobre todo en suelos con alta presencia de FO y evaluaciones no destructivas de clorofila para detección temprana de plantas con desarrollo de la MV, con el fin de tomar medidas para disminuir su incidencia.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum f s.p passiflorae*, *Lecanicillium*, *Purpureocillium*, *Metharizium*, *Beauveria*, SPAD.

Abstract

In the province of Sumapaz (Cundinamarca) the establishment and production of purple passion fruit crops (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) is affected, among other factors, by vascular wilt (VW) caused by *Fusarium oxysporum* (FO). This phytopathogenic fungus enters through the roots that have suffered wounds by phytophagous arthropods (symphilids, mites, collembola and insects) and invades the vascular bundles, causes their plugging and limits the transport of nutrients and photoassimilates, causing chlorosis, water stress, wilting and plant death. In search of alternative management, an entomopathogenic microbial consortium (Lecanicillium lecanii, Purpureocillium lilacinum, Metharizium anisopliae, Beauveria bassiana) was applied in purple passion fruit crop's soils with high and low presence of FO. The entomofauna present, the percentage of incidence of vascular wilt (VW) and the concentration of chlorophyll in the purple passion fruit plants (SPAD units) were evaluated during eight months. Before the application of the consortium, the soil with a high presence of FO presented mainly springtails 65% and coleopterans 13%, these populations decreased after the application of the consortium (springtails 26%, coleopterans 0%). In the low presence of FO, without the application of the consortium, there are more groups of arthropods (collembola: 44%, mites: 24%, symphylids: 20% and coleopterans: 2%). Eight months after the first application of the consortium, the proportions of the population changed: collembola (70%), mites (18%), symphilids (0%) and coleopterans (0%). Regarding the incidence of VW in soils with a high presence of FO decreases from 20% to 15% with consortium applications, in soils with low presence the incidence was 1.5% without observing differences attributable to consortium applications. Finally, in plants with a high presence of FO, without the application of consortia and a high presence of phytophagous populations, they showed a decrease in chlorophyll (from 34.4 to 30.94 SPAD units) which affects photosynthesis, without the damage

being even visible to the human eye (asymptomatic plants). From this study it is suggested that an integrated management of VW can include the application of entomopathogenic microbial consortia to reduce the entomofauna of pests, especially in soils with a high presence of FO and non-destructive evaluations of chlorophyll for early detection of plants with development of WV, in order to take measures to reduce its incidence.

Key words: *Fusarium oxysporum f s.p passiflorae*, *Lecanicillium*, *Purpureocillium*, *Metharizium*, *Beauveria*, SPAD.

Introducción

La gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) es el tercer fruto que más se exporta en Colombia, con una participación del 52% dentro del total de las pasifloras comercializadas en el exterior, con un valor FOB en miles de dólares de 22162 para el periodo de enero a agosto de 2020 y un total de 5506 toneladas para el mismo periodo (Guerrero, *et al* 2012; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019; DANE, 2020), sin embargo, los problemas fitosanitarios han reducido la productividad y han generado desestimulo en su cultivo debido al aumento de los costos de producción. La marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum sp passiflorae* es una de las principales enfermedades dentro del cultivo de la gulupa, este hongo generalmente sobrevive en el suelo y penetra por las raíces jóvenes debido a las heridas que causan los insectos, los nematodos y las diversas labores culturales que se realizan a diario (Fedepasifloras, 2018).

El hongo micelogénico *Fusarium oxysporum f. sp passiflorae* ataca directamente los haces vasculares de la planta de la gulupa obstruyéndolos e impidiendo la traslocación de nutrientes, generando la marchitez y muerte prematura de la planta, lo que ocasiona pérdidas para el productor puesto que es un hongo que puede sobrevivir por largos períodos de tiempo en condiciones adversas por sus particulares estructuras de supervivencia conocidas como clamidosporas, las cuales pueden resistir por períodos prolongados (hasta por 30 años) en suelos descansados y de barbecho o en los cuales se lleven a cabo labores agrícolas con cultivos no susceptibles a *Fusarium*, (Cruz *et al.*, 2012).

Como lo establecen Ortiz *et al.*, (2014) las conidias e hifas de *Fusarium* penetran el sistema radical y la colonización ocurre rápidamente dentro de los sistemas vasculares tanto en xilema y floema lo que conlleva a un síntoma típico de hiperplasia e hipertrofia, la dificultad

para el transporte de agua y fotoasimilados, se afecta el potencial hídrico por lo que se reduce la tasa fotosintética en la planta.

En la familia de pasifloras en diversas especies se han realizado análisis del impacto de estos patógenos en su desarrollo y productividad, sin embargo, en la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims), no se han hecho estudios que permitan identificar y determinar la causas y el debido manejo que se le debe dar a *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae*, lo que ha con llevado a una baja notable en la producción de dicho cultivo generando un desabastecimiento y por consiguiente una baja en la oferta del producto. (Lizarazo, *et al.*, 2019),

El manejo de la marchitez vascular ocasionada por *fusarium oxysporum* es preventivo, cuando se presenta en el cultivo se debe evitar el transporte de suelo y controlar los riegos para evitar excesos de humedad (Jiménez *et al.*, 2009). Su manejo se debe enmarcar en las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que garantizan la calidad e inocuidad, la sanidad vegetal la preservación de los recursos naturales (Lizarazo, *et al.*, 2019), teniendo en cuenta para esto un manejo integrado de plagas y enfermedades que se basa principalmente en el monitoreo que permite además de conocer los niveles de poblaciones de los insectos, evaluar la eficiencia de los controles ya sean culturales, etológicos, físicos, biológicos o químicos (Lizarazo, *et al.*, 2019).

Cabe agregar, que en cultivos de maracuyá y granadilla se ha usado productos a base del hongo *Trichoderma spp* como control preventivo de la marchitez vascular (Villegas *et al.*, 2012; Ocampo *et al.*, 2013).

A partir de lo anteriormente mencionado, se sugiere como una estrategia para minimizar el ataque de este hongo fitopatógeno la reducción de plagas de suelo con la aplicación de consorcios microbianos entomopatógenos como agentes de control biológico, que reduzcan la

población de estas plagas, siendo una estrategia que reduzca el ingreso de *F. oxysporum* a la planta, en este caso los microorganismos entomopatógenos son agentes de control biológico (Araujo y Araujo, 2009), La comparación entre estos organismos y los insecticidas químicos convencionales se suele hacer en base a la eficacia y el costo, se debe considerar además los beneficios al medio ambiente que incluyen la protección al hombre y otras formas de vida, reducción de los residuos químicos, aumento de la actividad de otros enemigos naturales y biodiversidad en el ecosistema, sus ventajas son numerosas. (Soberanis *et al.*, 2007; Araujo y Araujo, 2009).

El éxito del cultivo de gulupa está en la planificación de su producción, pues realizarla de manera rigurosa y detallada permitirá tener una trazabilidad y éxito en todo su proceso productivo; implementar las buenas prácticas agrícolas serán el punto de partida, pues estas buscan mejorar los métodos convencionales de producción implementando diversas estrategias que permitan disminuir los factores de riesgo de pérdida en el cultivo garantizando la inocuidad del producto final, para lograr este objetivo es necesario conocer a detalle cada una de las etapas fenológicas del cultivo a estudiar, identificando como fuente esencial la ecofisiología de las plantas, analizando las variables, como la tasa de fotosíntesis, que proporcionan la fuerza motriz para el metabolismo de los órganos vertedero (Foyer, 1987).

Esto permitirá identificar el mecanismo de acción a utilizar y sobre todo la manera y el momento en que se implementarán las estrategias cuando se presentan problemas fitosanitarios causados por plagas o enfermedades, implementado alternativas que minimicen su acción, asegurando la adopción de las buenas prácticas agrícolas (BPA), reduciendo pérdidas de plantas en las diferentes etapas fenológicas, lo que asegura una reducción de costos y la disminución en el uso de plaguicidas de origen químico en este cultivo de alta demanda para exportación. Se

convierte en una necesidad el detectar las patologías del suelo asociadas a *Fusarium* que han comenzado a emerger en el cultivo de gulupa en Colombia, siendo de gran importancia el diagnóstico acertado de los agentes causales (Taylor *et al.*, 2000; Leslie y Summerell, 2006) y la búsqueda de alternativas innovadoras, enmarcadas en las BPA para minimizar el ataque del agente causal (Ruiz *et al.*, 2012).

Para el desarrollo de este trabajo se planteó la siguiente pregunta ¿Qué efectos tiene la aplicación de un consorcio microbiano entomopatógeno sobre plantas de gulupa presentes en la provincia del Sumapaz con diferente presión de *Fusarium oxysporum*, en cuanto a la incidencia de la marchitez vascular y la cantidad de clorofila?

Este trabajo hace parte del proyecto de Investigación “Evaluación del efecto de un consorcio de microorganismos sobre poblaciones de plagas del suelo en Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims)” desarrollado por la Escuela ECPAMA de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, en el marco de la convocatoria interna UNAD 006 de 2018.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de un consorcio microbiano entomopatógeno en el marco del manejo de marchitez vascular en plantas de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en Arbeláez (Cundinamarca)

Objetivos Específicos

Evaluar la incidencia de la marchitez vascular en cultivos de gulupa con baja y alta presencia histórica de *Fusarium oxysporum* f. sp *passiflorae* en Arbeláez (Cundinamarca), tras la aplicación de un consorcio microbiano entomopatógeno.

Establecer posibles correlaciones entre la incidencia de marchitez vascular y la cantidad de clorofila en unidades SPAD, en plantas de gulupa afectadas por marchitez vascular.

Evaluar las variaciones de las poblaciones de artrópodos del suelo tras la aplicación de consorcios entomopatógenos en cultivos con alta y baja presencia histórica de *Fusarium oxysporum* en Arbelaez (Cundinamarca)

Marco Teórico

Para el desarrollo de la actividad agrícola de producción de gulupa es necesario tener en cuenta factores como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que buscan mejorar los métodos convencionales de producción, haciendo énfasis en la prevención de riesgos para que la producción sea un proceso responsable, en donde se garantice siempre la inocuidad del producto y por ende la salud y seguridad de los consumidores racionalizando los insumos, utilizando técnicas de producción que reduzcan el deterioro del medio ambiente, conservando la calidad de los recursos naturales, y promoviendo la salud, la seguridad y el bienestar de los trabajadores (Guerrero *et al.*, 2012).

Todo lo anterior unido a un Manejo integral de plagas y enfermedades que permitan como lo dice el ICA, 2011 prevenir su aparición, advertir oportunamente su presencia y mitigar los daños.

Es por eso que se hace necesario el uso de alternativas biológicas como los microorganismos entomopatógenos que permitan mitigar el daño que causan los insectos plaga en los suelos y los cuales pueden permitir el ingreso de *Fusarium* a las plantas de gulupa.

Gulupa

La gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims.) es conocida también como fruta de la pasión púrpura o maracuyá morado. La gulupa se cultiva entre los 1600 y los 2400 metros sobre el nivel del mar (msnm), con temperaturas entre los 10 y 18°C, precipitaciones de 1200 mm en promedio, humedad relativa del 60 al 70% y suelos profundos con buena retención de humedad. Su ciclo vegetativo dura aproximadamente de 1 a 3 años. La producción se inicia entre los 7 y los 12 meses después del trasplante. Requiere suelos ricos en materia orgánica, francos o franco-arcillosos, bien drenados y con un pH de 5.5 a 6.5. (ICA; 2011; Pérez y Melgarejo, 2012).

Para el 2019 Cundinamarca se ubicó como el segundo productor de gulupa con un área de 296 hectáreas cultivadas, para una producción de 2726 toneladas y un rendimiento de 10,25 (Ton /Ha), cabe destacar que el departamento de Antioquia lidera la producción de gulupa en el país. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019)

Principales plagas y enfermedades de la gulupa

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de gulupa son:

Tabla 1.

Principales plagas en el cultivo de gulupa. Fuente: elaboración propia

Plaga	Síntoma/daño	Control
Chiza (<i>Ancognatha scarabeoides</i>)	Las larvas atacan las raíces, en el estado adulto, consumen los cogollos y raspan los frutos demeritando su calidad. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	El <u>control biológico</u> se puede hacer con una mezcla de <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Paecilomyces lilacynus</i> y <i>Beauveria brongniartii</i> . (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Gusano cosechero (<i>Agraulis sp</i>)	Ataques gregarios muy localizados; comen y esqueletizan brotes y hojas jóvenes. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	<u>Control biológico:</u> Diferentes enemigos naturales han sido reportados parasitando o atacando esta plaga. Avispas como <i>Polistes spp.</i> Y <i>Polybia spp.</i> (Vespidae) actúan como predadores de esta plaga. Aplicaciones de <i>Bacillus thuringiensis</i> : Las aplicaciones deben hacerse inmediatamente después de preparada la muestra, en

las primeras horas de la mañana, en días nublados o después de las 4 de la tarde. El producto puede ser usado hasta el momento de la cosecha. Además debe caer sobre el follaje de las plantas de las cuales se alimenta el insecto plaga, con el fin de que éste ingiera los cristales de *Bacillus thuringiensis*. Otro agente utilizado para el control biológico es la avispa *Trichogramma sp.*, la cual parasita los huevos de los insectos-plaga.

Control cultural: destrucción manual de los huevos y larvas. (Ocampo *et al.*, 2012)

Arañita roja (*Tetranychus sp*)

Se localizan generalmente en el envés de la hoja causando amarillamiento y si el ataque es fuerte causan defoliación. (Ocampo *et al.*, 2012)

Control biológico: Realizar liberaciones de insectos **depredadores** como *Chrysopa sp.* en dosis de 5.000 individuos cada 2.000 m². Estas liberaciones pueden concentrarse en los focos de infestación para una mayor efectividad. Muchos organismos, como las mariquitas *Coccinella septempunctata*, **ácaros depredadores** (*Amblyseius spp.* *O* *Phytoseiulus spp.*) y chinches, dentro del cultivo atacan a este insecto plaga. (Ocampo *et al.*, 2012)

			<p><u>Control cultural:</u> utilizar densidades de siembra amplias (4 x 5 m). Realizar podas para lograr una buena aireación del lote, una mejor producción y evitar el desarrollo de la plaga. Impedir el traslado de operarios y personal dentro del cultivo que no tengan un adecuado aseo de ropa y herramientas de trabajo. (Ocampo <i>et al.</i>, 2012)</p>
<p>Mosca de la fruta (<i>Anastrepha sp.</i>)</p>	<p>La hembra oviposita a través de la corteza, colocando sus huevos en la pulpa; se observa arrugamiento de frutos y ocasiona caída de los mismos; otras veces no caen pero pierden su valor comercial. (Ocampo <i>et al.</i>, 2012)</p>	<p><u>Control biológico:</u> Parasitoides como <i>Aganaspis pelleranoi</i>, <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> y <i>D. tryoni</i>, también se ha observado el efecto de control sobre moscas de la fruta causado por hongos entomopatógenos, mediante la aplicación al suelo de <i>Beauveria bassiana</i>, dirigido al plato de los árboles, ejerce control de larvas o pupas de la plaga. (Ocampo <i>et al.</i>, 2012)</p>	
<p>Trips (<i>Thysanoptera: Thripidae</i>)</p>	<p>Se observan deformaciones de hojas jóvenes, daño en la corteza de los frutos en sus estados iniciales de formación. Hay presencia de insectos activos en flores hojas</p>	<p><u>Control biológico:</u> Implementar control biológico mediante depredadores de trips como <i>Chrisopa sp.</i> y fauna benéfica como el chinche <i>Orius sp.</i> Aplicar agentes microbiológicos como el entomopatógeno <i>Lecanicillium (Verticillium) lecani</i>.</p>	

	jóvenes y frutos. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	Uso de biopreparado de ajo, ají y cebolla. <u>Control etológico:</u> trampas plásticas de color azul impregnadas de aceite, grasa o pegante comercial, usar 10 trampas por ha. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Abeja negra (<i>Trigona testacea musarum</i> Cockerell)	Estas abejas son atraídas por el néctar y el polen, perforando botones florales y causando daños en las estructuras de la flor, como el corte y mordeduras en los estigmas y el ovario. También causan pequeñas roeduras en frutos en formación produciendo muchas veces caída por daño directo o por ataque de hongos sobre las heridas causadas. Muchas veces, estas abejas perforan los botones en busca de néctar floral. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	<u>Control etológico:</u> El uso de cultivos trampa, como el gandul, atrae a la abeja y disminuye su nivel de ataque en el cultivo (Angulo, en Ocampo, 2012). Otra práctica que queda por ser validada es la aplicación de melaza o sustancias azucaradas dentro del cultivo, para así proveerles una fuente de azúcares de más fácil acceso que el néctar floral. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Mosca del ovario (<i>Dasiops spp.</i>)	Insecto que se alimenta de las anteras de los botones florales en desarrollo de las pasifloras, causando su marchitamiento. Los daños	<u>Control biológico:</u> Múltiples enemigos naturales atacan los diferentes estados de desarrollo de <i>Dasiops sp.</i> en cultivos de gulupa. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012) Escarabajos

en el botón los producen y hormigas atacan las pupas de la las larvas de la mosca, las Mosca del ovario en el suelo, cuales para desarrollarse y mientras que las arañas se convertirse en adultos alimentan de adultos. La necesitan alimentarse. El disminución en el uso de daño en el botón por este insecticidas y la utilización de insecto se puede apreciar cultivos de cobertura favorece la por su pérdida de brillo, conservación de estos organismos amarillamiento, pudrición benéficos. Se sugiere realizar y marchitamiento final. El liberaciones de la avispa ataque a los frutos se parasitoide *Pachycrepoideus* manifiesta por los *vindemmiæ*, conocida arrugamientos progresivos comúnmente como “paquita”, para debido a las larvas el control de pupas de la mosca del presentes en el interior de ovario. Uso de extractos vegetales los mismos. (Ocampo *et al.*, 2012) como ajo y ají.

Control etológico: monitoreo y uso de trampas McPhail cebadas con proteína hidrolizada 10cm³ +190 cc de agua, uso de 10 trampas por ha. (Ocampo *et al.*, 2012)

Control cultural: recolectar órganos vegetales afectados por la mosca y almacenarlos en bolsas plásticas negras bien cerradas, tanto los caídos como los que permanecen en la planta. Las bolsas se pueden dejar dos días a pleno sol y el material colectado se puede usar como compost en la finca. . (Ocampo *et al.*, 2012)

Áfidos o pulgones (<i>Myzus sp.</i> <i>Y Aphis sp.</i>)	Estos insectos desarrollan sus colonias en los cogollos tiernos, hojas y ramas, provocando amarillamiento, enrollamiento y caída anticipada de las hojas, debido a que son chupadores de savia. En el cultivo de la gulupa el daño más importante es que estos insectos pueden ser transmisores o vectores de enfermedades virales. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	<u>Control biológico:</u> Entre los agentes controladores hay mariquitas <i>Coccinella septempunctata</i> , <i>Chrysoperla sp.</i> (Neuroptera:Chrysopidae) y varios tipos de avispidas. <u>Control etológico y cultural:</u> uso de trampas de color amarillo embebidas en aceite, realizar control de arvenses. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
---	---	--

Tabla 2.

Principales enfermedades en el cultivo de gulupa. Fuente: elaboración propia.

Enfermedad	Síntoma/daño	Control
Roña o costra <i>(Cladosporium herbarum)</i>	Ataca los frutos en diferentes estados de desarrollo y las lesiones son de tamaño variable y se caracterizan por ser circulares, de color pardo y de aspecto corchoso; en estados iniciales estas se pueden presentar aisladas y al avanzar la	Selección de zonas agroecológicas adecuadas y densidades de siembra apropiadas, recolección de frutos dañados y estructuras florales, realizar podas de mantenimiento y sanitarias. Fertilización adecuada y control

	enfermedad algunas se pueden agrupar. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	de arvenses. Desinfección de las herramientas de trabajo. Uso de control químico. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	Afecta ramas y hojas, causando defoliación en estados avanzados; cuando se presenta en los frutos se observan pequeñas manchas de color café en sus estados iniciales que posteriormente se transforman en chancros causando la deformación del fruto; cuando los ataques son severos causa su desprendimiento. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	Se debe realizar manejo preventivo, uso adecuado de distancias de siembra para permitir circulación del aire, control de arvenses y realizar podas sanitarias. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Mancha parda (<i>Alternaria passiflorae</i>)	Ataca principalmente el follaje, en las hojas se observan manchas concéntricas bien definidas rodeadas de un halo clorótico; cuando se presenta en los frutos estos poseen múltiples depresiones necróticas. (Miranda <i>et al.</i> , 2009)	Manejo con fungicidas y control de la humedad en el cultivo. (Miranda <i>et al.</i> , 2009)

<p>Pudrición de la raíz y del tallo (<i>Complejo Fusarium solani, Phytophthora cinnamomi, Rhizoctonia solani y Pythium sp.</i>)</p>	<p>Causa el necrosamiento de la base del tallo y la pudrición de la raíz. (Miranda <i>et al.</i>, 2009)</p>	<p>En vivero desinfectar los sustratos, controlar los riegos y evitar daño mecánico en la base del tallo. (Miranda <i>et al.</i>, 2009)</p>
<p>Mancha aceitosa (<i>Xanthomonas campestris passiflorae</i>)</p>	<p>Las hojas y frutos afectados por este patógeno presentan lesiones acuosas de color verde claro y de forma irregular. (Miranda <i>et al.</i>, 2009)</p>	<p>El uso de enemigos naturales como los hongos <i>Trichoderma spp.</i> y las micorrizas arbusculares ha demostrado que puede incrementar el crecimiento vegetal en términos de rendimiento y sanidad (Calvetetal, 1993; Godeas <i>et al.</i>, 1999; Sosa <i>et al.</i>, en Ocampo <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>Uso de plántulas sanas certificadas, evitar circulación de personas no autorizadas en el cultivo, realizar deschuponado, podas sanitarias y eliminar</p>

Nematodo de las agallas (<i>Meloidogyne hapla</i> y <i>M. incognita</i>)	Las plantas afectadas presentan una disminución en el tamaño (enanismo) y un adormecimiento generalizado. Así mismo, hay una reducción en el tamaño del follaje. En la raíz hay una disminución de raíces terciarias y se observa un gran número de agallas o nudos. (Miranda <i>et al.</i> , 2009)	residuos de poda y cosecha. Desinfectar las herramientas. No sembrar cerca granadilla o frijol por ser hospederos. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
		El uso de aplicaciones al suelo de aislamientos de hongos antagónicos como <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metharhizium anisopliae</i> , <i>Verticillium sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i> Y <i>Paecilomyces lilacinus</i> , ha mostrado efectividad en la reducción de poblaciones del nematodo <i>Meloidogyne sp.</i> en otros cultivos (Tamayo <i>et al.</i> , 1999; Torrado-Jaime & Castaño-Zapata, 2004; en Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
		Uso de material vegetal propagado en sustratos libres de patógeno y certificados por el ICA, evitar la circulación de personal proveniente de otras fincas que

			puedan transportar en el calzado los nematodos. Uso de materia orgánica compostada. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)
Virosis	(<i>Soybean mosaic potyvirus - SMV</i>	Los síntomas que presentan las plantas afectadas por virus incluyen	Control cultural preventivo, uso de mallas anti insectos en vivero para
<i>Cucumer mosaic cucumovirus CMV</i>)	<i>mosaic</i>	la deformación de ápices de las ramas, deformación de hojas, clorosis, mosaicos foliares y enanismo de la planta. En frutos jóvenes se presentan manchas irregulares de color verde con protuberancias y en frutos maduros manchas anulares. (Ocampo <i>et al.</i> , 2012)	evitar la entrada de insectos vectores transmisores. (Ocampo, <i>et al.</i> , 2012)

Control químico de plagas y enfermedades de la gulupa

Para el control de plagas como la araña roja se realiza aplicaciones de acaricidas al envés de las hojas, en el caso de los trips, se realiza control químico con piretroides, para tierreros o trozadores Aplicación de Lorsban® 4 E (Clorpirifos), preparación de cebos tóxicos que se aplican en los focos, alrededor de la base de la planta en horas de la tarde (Miranda et al, 2009). Para el control de mosca del fruto, mosca del ovario y gusano cosechero, se realizan aplicaciones de insecticidas, para el control de los áfidos recomiendan el uso de productos

sistémicos con base en Imidacloprid. (Ocampo *et al.*, 2012). Para el caso de los nematodos aplicar un producto para control de nematodos (nematicida). (ICA, 2011)

Tabla 3.

Productos químicos para el control de plagas en gulupa permitidos por el ICA. Fuente: elaboración propia.

<i>Producto</i>	<i>Uso</i>	<i>Ingrediente activo</i>
Movento OD	Insecticida	Spirotetramat
Exalt 60 SC-Absolute	Insecticida	Spinetoram
60		
Tracer 120 SC	Insecticida	Spinosad
Trigard 75 WP	Insecticida	Ciromicina
Sucess GF 120 002Cb	Insecticida	Spinosad
Vertimec 1.8% EC	Acaricida	Abamectina
Oberon SC 240	Acaricida	Spiromesifen
Gramaxone	Herbicida	Paraquat
Folicur EW 250	Fungicida	Tebuconazol
Score 250	Fungicida	Difenoconazol
Nativo	Fungicida	Tebuconodazol- Trifloxistrobin
Cabo SC	Fungicida	Fenhexamida
Agrocelhone	Nematicida	Dicloropropeno Cloropicrina

Fusarium oxysporum f s.p passiflorae

Fusarium oxysporum es un hongo cosmopolita que existe en muchas formas patogénicas, parasitando más de 100 especies de plantas Gimnospermas y Angiospermas, gracias a los diversos mecanismos que tiene el hongo para vencer las defensas de muchas plantas (Garcés *et al.*, 2001). Se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento, con una tasa diaria cercana a un centímetro en medio de cultivo papa- dextrosa agar (PDA) a 25°C. La morfología de las colonias es muy variable y puede presentar dos tipos: una de tipo micelial caracterizada por la producción de abundante micelio aéreo, algodonoso, con una coloración variable, de blanco a rosado durazno, pero usualmente con un tinte púrpura o violeta más intenso en la superficie del agar y pocas microconidias (Garcés *et al.*, 2001) y una de tipo pionotal con la formación de poco o ningún micelio aéreo y abundantes microconidias.

Respuesta fisiológica de la gulupa al ataque de *Fusarium oxysporum sp passiflorae*

Los marchitamientos se deben a la presencia y actividades del patógeno en los tejidos vasculares xilémicos de las plantas, en la gulupa los síntomas por presencia del patógeno son el marchitamiento ascendente, acompañado de clorosis de las hojas, necrosis de ramas y posterior defoliación de la planta. En plantas adultas, en estados iniciales de infección, empieza a observarse clorosis de las hojas jóvenes, mientras que las hojas más viejas presentan epínastia o decaimiento, gradualmente la deshidratación se va haciendo más severa, hasta que la planta se observa totalmente marchita.

En plántulas jóvenes se produce amarillamiento de las hojas bajas las cuales rápidamente caen produciéndose defoliación severa de la planta; simultáneamente se observan tasa de crecimiento menores en plántulas enfermas. Además se observa una decoloración rojiza en los haces vasculares al realizar un corte transversal del tallo y de la raíz. En los vasos

xilémicos de tallos, raíces y otros órganos infectados, puede haber micelio y esporas del hongo. Algunos de los vasos xilémicos son obstruidos por el micelio, las esporas o bien los polisacáridos que produce el hongo. (Cruz *et al.*, 2012)

Esta obstrucción se incrementa aún más por los geles y gomas que se forman por la acumulación y oxidación de los productos de degradación de las células vegetales atacadas por las enzimas del hongo. Con frecuencia, las células parenquimatosas en torno a los vasos xilémicos son estimuladas por las secreciones del patógeno para que se dividan excesivamente y, esto aunado a las paredes adelgazadas y debilitadas de los vasos, da como resultado la disminución del diámetro o el colapso total de los vasos. (Agrios, 2005; Cruz *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2012)

Las plantas presentan respuestas fisiológicas tendientes a mitigar los efectos nocivos de diversas condiciones estresantes, las cuales incluyen cambios en las tasas de intercambio de gases, cambios en los mecanismos de disipación del exceso de radiación fotosintética, cambios en las tasas de crecimiento de la planta, variaciones en las tasas de síntesis de algunas enzimas y proteínas, y acumulación de algunas hormonas y/o metabolitos (Lushchak, 2011).

Las primeras aproximaciones de la respuesta fisiológica de la gulupa ante el ataque y el proceso de infección de *Fusarium* ofrecen los siguientes resultados: Cuando el hongo alcanza su tejido objetivo, se presenta la obstrucción de los haces vasculares y por tanto del flujo de agua y nutrientes, la plántula sensa este déficit hídrico y produce cierre estomático para evitar la pérdida de agua por transpiración, y como consecuencia de ello se presenta un desbalance en las concentraciones parciales de O_2 y CO_2 , se suma la presencia de especies reactivas de oxígeno (ROS) causadas por el estrés biótico, déficit hídrico y de nutrientes, lo que provoca un aumento en el proceso de fotorrespiración, en detrimento del proceso fotosintético. (Cruz *et al.*, 2012).

Aproximadamente después de 15 días de iniciada la enfermedad la plántula presenta un proceso de deterioro irreversible, se presentan tasas más bajas de fotosíntesis, eficiencias máximas del fotosistema II bajas (F_v/F_m), como consecuencia se observan los primeros síntomas de clorosis y disminución en la aparición de nuevas hojas. En la última etapa del proceso de patogénesis, se da aumento del proceso fotorrespiratorio, lo cual lleva a la muerte. (Cruz *et al.*, 2012).

Medición de clorofila y detección temprana de marchitez vascular

La detección basada en la observación de síntomas en enfermedades vasculares implica que cuando hay disturbios visibles el hongo u organismo patógeno haya invadido ya el tejido vascular. (Marín *et al.*, 2018). En el caso de la gulupa, los síntomas exteriores en la planta hospedera no siempre se detectan rápidamente, o esta puede permanecer asintomática durante su ciclo de desarrollo; esto implica que una planta infectada sea en ocasiones difícil de detectar y pueda ser una hospedera asintomática que actúe como reservorio del patógeno, convirtiéndose en una fuente de contaminación para el resto del cultivo (Kolander *et al.*, 2012).

El contenido de clorofila es un indicador importante para la evaluación de la nutrición de las plantas y la aparición de plagas y enfermedades. La espectrofotometría usada daña las hojas de las plantas y no se puede utilizar para obtener el contenido de clorofila en tiempo real, de forma rápida y no destructiva. El medidor de clorofila se desarrolló recientemente para medir el contenido relativo de clorofila (denominado valor SPAD), puesto que la clorofila presente en las hojas de la planta está estrechamente relacionada con el estado nutricional de la planta. El contenido de clorofila (representado por el valor SPAD medido) aumentará en proporción a la cantidad de nitrógeno (un nutriente importante para las plantas) presente en la hoja. Para una

especie de planta en particular, un valor SPAD más alto indica una planta más saludable. (Lei *et al.*, 2019, Konica Minolta, 2009)

La medición de clorofila se convierte en un sistema de detección temprana de la enfermedad, evitando así la pérdida de plantas en cultivo, se evita una mayor propagación de la enfermedad al controlar el ingreso a campo de plantas con el patógeno presente.

Artrópodos del suelo

Los artrópodos son el phylum más diverso de los metazoos (animales pluricelulares), con más de un millón de especies descritas. Incluyen, entre otros grupos, a las arañas, insectos, crustáceos y miriápodos. Son animales que se caracterizan por poseer un esqueleto externo articulado compuesto de quitina, con apéndices con musculatura propia en posición ventrolateral, pareados en cada uno de los segmentos. (Ribera, *et al.*, 2015)

Los artrópodos edáficos forman parte de las cadenas y redes tróficas que varían en complejidad, de acuerdo con las condiciones abióticas y bióticas del suelo, variaciones climáticas, estado de desarrollo y grado de alteración del ecosistema. Aunque algunos artrópodos del suelo participan como forrajeros, la mayor parte de ellos pertenecen a la cadena del ciclo de los detritívoros y están involucrados en la descomposición de la materia orgánica, en la regulación de las actividades microbianas y parcialmente, en los ciclos nutritivos (Coleman *et al.*, 2004; Wardle, 2002 en Flores, *et al.*, 2008).

Dentro de los artrópodos que se destacan en el suelo se encuentran los ácaros, arañas, colémbolos, sinfílidos, coleópteros, himenópteros, dípteros, quilópodos, hemípteros, ortópteros diplópodos, tisanópteros e isópodos, ya sea en estado adulto o larvario, como es el caso de dípteros y coleópteros (Eisenbeis y Wichard, 1987 en Flores, *et al.*, 2008).

Algunos autores resaltan que:

Dada su diversidad y abundancia no es sorprendente que los artrópodos desempeñen un papel fundamental en prácticamente todos los ecosistemas. Los artrópodos son probablemente los mayores consumidores primarios, y la base de muchas cadenas tróficas ya sea directa o indirectamente. Son también, junto con hongos y bacterias, los principales descomponedores de muchos ecosistemas, jugando un papel fundamental en el reciclado de nutrientes, especialmente en los ambientes terrestres y dulceacuícolas. Se les reconoce como microingenieros del medio edáfico, ya que construyen galerías en el suelo y mejoran las propiedades físicas de este, al favorecer la aireación y la infiltración de agua. Por ello constituyen factores decisivos para el mantenimiento de su productividad. (Ribera, *et al.*, 2015; Socarrás, 2013)

Sin embargo, algunos artrópodos son considerados de gran importancia económica desde el punto de vista fitosanitario por ser plagas agrícolas o de productos almacenados, de ellos los hexápodos o insectos son los de más importancia puesto que producen el mayor número de plagas agrícolas y forestales. (Selfa, *et al.*, 1997). Los órganos subterráneos de las plantas son dañados principalmente por larvas de coleópteros y en menor grado, por larvas de lepidópteros y algunos dípteros, al igual que los sinfílicos que causan daños en el extremo de las raíces secundarias, produciendo en ellas hendiduras a manera de un pequeño cráter. La destrucción, generalmente parcial de las raíces fibrosas disminuyen la vitalidad de las plantas y consecuentemente su rendimiento. (Arellano, *et al.*, 2015, Cisneros, 1995).

Técnicas de colecta de artrópodos del suelo

La mayoría de las técnicas utilizadas responden a objetivos específicos de cada tipo de estudio; sin embargo, pueden ser divididas de manera muy general en técnicas de colecta directas

(activas) y técnicas de colecta indirectas pasivas, (Steyskal *et al.*, en Márquez, 2005). La colecta directa es aquella en la que el colector busca de manera activa a los organismos en su ambiente, en los sitios donde éstos se distribuyen. (Márquez, 2005)

Dentro de las técnicas de colecta directa está la que se realiza en hojarasca y suelo utilizando un cernidor, el cual permite retener las partículas grandes y deja pasar partículas e insectos pequeños a la parte baja, donde pueden ser vistos y colectados con mayor facilidad, mientras que los organismos medianos y grandes quedan por encima de éste y expuestos, está también la colecta directa en plantas es apoyada frecuentemente por una red de golpeo, en la cual caen insectos que están sujetos a las plantas, ya que muchos de ellos tienen la conducta de dejarse caer cuando se encuentran en peligro (Márquez, 2005).

Por su parte en la colecta indirecta como lo establece Márquez, 2005 para la captura de los individuos es necesario el uso de atrayentes o cebos como el caso de las necrotrampas donde se utiliza carroña, igualmente dentro de este tipo de colecta se encuentran las trampas tipo pit fall que no necesitan ningún tipo de atrayente.

Se encuentra el embudo de Berlese el cual es uno de los métodos más eficientes para los estudios cualitativos y cuantitativos de muestras de suelo, hojarasca, musgo, líquenes, madera en descomposición y otros sustratos. (Palacios, *et al.*, 2007)

Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos proveen la capacidad de regular las plagas dentro de un ecosistema para mantenerlas en niveles adecuados; es un agente biológico que tiene la capacidad de parasitar y causar enfermedad en artrópodos plaga (INCONTEC, 2017). Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos

plaga. Prácticamente, todos ellos son susceptibles de padecer las enfermedades causadas por estos hongos.

Cuando sus esporas entran en contacto con la cutícula de insectos susceptibles, germinan y crecen directamente a través de ella hacia el interior del cuerpo de su hospedero. Por lo tanto, el hongo prolifera a través del cuerpo del insecto, produce toxinas y consume los nutrientes del insecto, y eventualmente lo destruye. Al inicio de la infección pueden o no observarse síntomas, pero el insecto comienza a perder movilidad y apetito. Al cabo de siete o diez días, muere debido a la deficiencia nutricional. (Pérez, *et al.*, 2013).

Lecanicillium lecanii

Antes conocido como *Verticillium lecanii* es un hongo entomopatógeno de amplia distribución, que ocasiona epizootias de gran magnitud en ambientes cálidos y húmedos (humedad relativa encima de 80% y temperatura entre 20 a 25°C), en un amplio rango de hospederos: insectos de los órdenes Homóptera, Coleóptera, Díptera y Lepidóptera y ácaros de la familia Tetranychidae. (Alayo, *et al.*, 2014). El hongo *L. lecanii* ataca insectos, ácaros y hongos fitopatógenos que causan royas, la capacidad de *L. lecanii* para infectar otros hongos (es decir, micoparásitos) parece ser única entre los Hyphomycetes entomopatógenos (Bustillo, 1986., Inglis, *et al.*, 2001).

Presenta micelio tabicado, conidióforos simples o verticilados, más anchos en la base y adelgazándose hacia los extremos, en donde se encuentran las conidias agrupadas en cabezuelas, rodeados de una sustancia mucilaginosa, unicelulares, hialinos, forma cilíndricos a ovoides. Este hongo cubre con un micelio de color blanco a sus hospederos, rodeándolo como con un halo, de allí que se le conoce con el nombre de “hongo blanco de la corona”. (Gómez, *et al.*, 2014).

Los hifomicetos se adhieren fuertemente a las cutículas de los insectos, y se cree que su unión a las cutículas implica mecanismos de adhesión inespecíficos mediados por la hidrofobicidad de la pared celular de las conidias, una vez que entra un propágulo en contacto con una cutícula de insecto adecuada, puede germinar y puede producir estructuras de penetración por ejemplo, hinchazón del tubo germinativo, apresorio o vaina extracelular.

Lecanicillium lecanii posee conidios hidrófilos. La hidrofobicidad de la pared celular de los conidios influye en la biología de estos hongos y es un factor importante en el despliegue contra las plagas de insectos. (Inglis, *et al.*, 2001).

Sin embargo se conoce la acción de metabolitos secundarios presentes en *L. lecanii* que influyen en la acción entomopatógena de este hongo, el ácido oxálico se ha descrito como un factor de virulencia en hongos fitopatógenos y se ha sugerido que en el caso de los hongos entomopatógenos puede ser un elemento que participe en la solubilización de la proteína cuticular, el ácido 2,6-piridindicarboxílico (ácido dipicolínico) del cual su sal sódica posee propiedades insecticidas, además de la producción de enzimas que tienen una acción común que les permite penetrar a través del integumento del insecto. (Borges, *et al.*, 2010).

Purpureocillium lilacinum

Es un hongo natural del suelo, aunque cosmopolita en su distribución, esta especie se encuentra con mayor frecuencia en áreas con un clima cálido, el interés científico por este organismo se debe a su actividad antagónica sobre huevos y hembras de nematodos fitoparásitos de plantas, en particular, los nematodos agalladores de la raíz que afectan un gran número y diversidad de cultivos. Este hongo tiene la habilidad de sobrevivir en materia orgánica en el suelo y siempre se encuentra presente en el campo principalmente en zonas húmedas y donde hay bastante plaga. *P. lilacinus* es también patógeno de insectos, pero su mayor relevancia es

como patógeno de fitonematodos, ya que causa una alta tasa de mortalidad reduciendo las poblaciones de fitonematodos en los cultivos. *P. lilacinum* se ha registrado atacando 16 especies de insectos pertenecientes a 11 familias de cinco órdenes: Coléoptera, Isoptera, Lepidóptera, Homoptera y Hemíptera.

Este hongo produce unas estructuras llamadas conidias las cuales son las que se encargan de realizar el efecto sobre los nematodos. Estas conidias al hacer contacto con el cuerpo de los nematodos, se fijan en la pared externa del cuerpo del nematodo, luego germinan y producen unas estructuras especializadas, a través de las cuales penetran en el cuerpo del nematodo. En el interior del cuerpo del nematodo el hongo toma sus nutrientes y se reproduce masivamente invadiendo totalmente el cuerpo del nematodo, causándole una enfermedad que finalmente lo conlleva a su muerte. (Gortari y Horus, 2016; Morgan, *et al.*, 1984; Posada, *et al.*, 1998; FUNICA, 2009).

Metarhizium anisopliae

Metarhizium es un hongo imperfecto de color verde oliva, pertenece a la subdivisión Deuteromycotina, clase Hyphomycetes. Su reproducción es asexual, en conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas. Este hongo es capaz de adherirse a la cutícula de los insectos y de entrar a su interior por las partes blandas o por vía oral. Una vez dentro del hospedero, las esporas germinan y el micelio produce toxinas que le producen la muerte al huésped en cuestión de 3 a 4 días. Los síntomas de la enfermedad en el insecto son la pérdida de sensibilidad, movimientos descoordinados y parálisis. (Perkins, s.f)

Cuando el insecto muere queda momificado. Si las condiciones de humedad son óptimas, se inicia de nuevo el ciclo, el micelio cubre el insecto, se producen esporas, las cuales son arrastradas por el viento y las lluvias, pudiendo atacar nuevamente otro insecto. (ICA, 2009).

Beauveria bassiana

Beauveria bassiana, es un hongo entomopatógeno que pertenece a la clase Deuteromycetes, de acuerdo a la morfología de la estructura reproductora y comúnmente se encuentra parasitando un alto número de especies de insectos, por lo que es considerado uno de los patógenos más importantes. Los insectos muertos infectados por especies de *Beauveria*, presentan una cubierta blanca muy densa formada por el micelio y esporulación del hongo (Castillo, 2012).

El hongo *B. bassiana* puede germinar, penetrar la cutícula e invadir el hemocele y causar la muerte de los insectos, lo cual sugiere que las condiciones necesarias para la germinación de las conidias y el crecimiento hifal están presentes en el integumento del insecto susceptible. *B. bassiana*, al igual que otros hongos entomopatógenos, antes de matar a su hospedero le causa síntomas importantes como son: pérdida de sensibilidad, falta de coordinación, letargo, inapetencia, melanización y parálisis. Con la muerte del insecto, el beneficio se incrementa pues la esporulación y posterior dispersión del hongo, permite un control más allá de la aplicación (González *et al.*, 2001; Malpartida, *et al.*, 2013)

Metodología

Localización

Los montajes experimentales de este trabajo se realizaron en la finca productora de gulupa “Union Crop” ubicada en el municipio de Arbeláez (Cundinamarca), vereda San Luis sector La Berlina, con extensión de 20 hectáreas dedicadas a la producción de pasifloras, en dos lotes: lote A de alta presencia de marchitez vascular con extensión de 0.8 hectáreas y 864 plantas sembradas y lote B con baja presencia de la enfermedad con 2 hectáreas de extensión y 2000 plantas sembradas, en dichos lotes se realizó aplicación del consorcios de microorganismos entomopatógenos. La distancia de siembra fue de 2,5 X 4,0 m y se utilizó el sistema de tutorado en espaldera con semitecho como se observa en la figura 1. Como datos generales se tiene que la altura de Arbeláez es de 1417 msnm y una temperatura promedio de 24°C



Figura 1. Cultivo de gulupa finca “Union Crop” municipio de Arbeláez (Cundinamarca), vereda San Luis.

Fotografía tomado por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.

En el municipio de Pasca (Cundinamarca) vereda El Retiro finca “El Mirador”, extensión 2 hectáreas con un total de 2000 plantas sembradas, se realizó un muestreo en un lote con alta presencia de marchitez vascular donde no se realiza aplicación de consorcios de microorganismos entomopatógenos. La distancia de siembra es de 2,5 x 4,0 m, sistema de tutorado espaldera y sin ningún tipo de cubierta como se observa en la figura 2. Las condiciones generales del municipio de pasca son: altura 2.180 msnm y temperatura media de 15.5°C.



Figura 2. Cultivo de gulupa finca “El Mirador” municipio de Pasca (Cundinamarca), vereda El Retiro. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

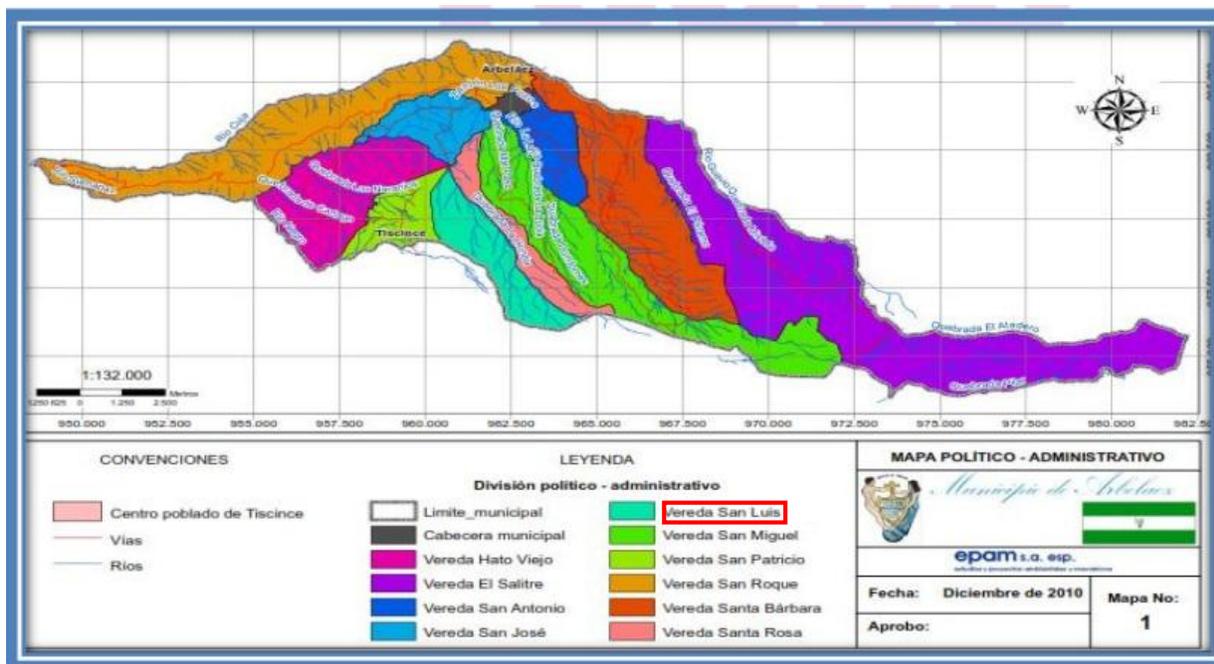


Figura 3. Mapa Político Administrativo municipio de Arbeláez (Cundinamarca), vereda San Luis. Fuente: Secretaría de Planeación. Plan de Desarrollo Arbeláez Somos Todos 2020.

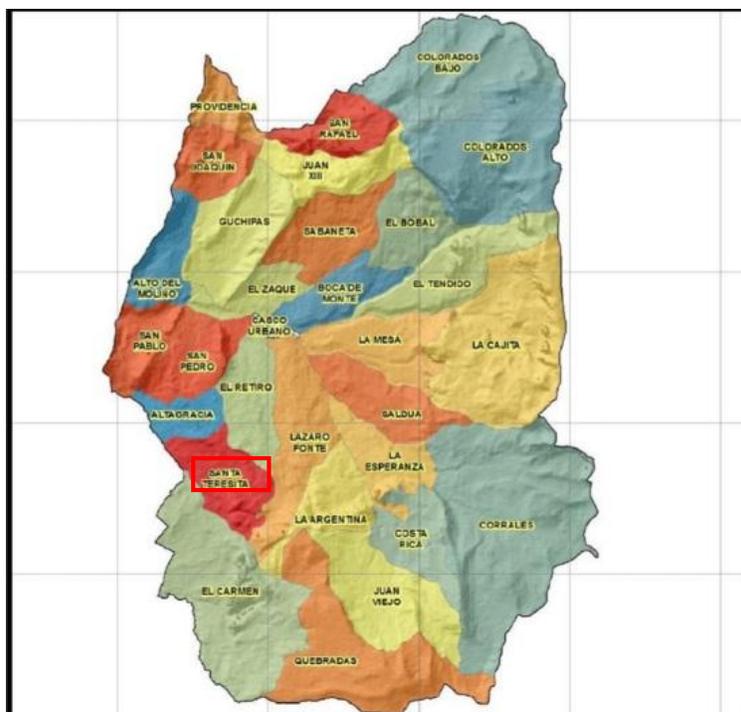


Figura 4. Mapa veredal municipio de Pasca (Cundinamarca), vereda el retiro. Fuente: Base cartográfica municipal Pasca- Plan de Desarrollo Un Cambio Con Sentido Social 2020-2023.

Aplicación de microorganismos entomopatógenos

La aplicación del consorcio de microorganismos entomopatógenos se llevó a cabo de la siguiente manera: una aplicación antes de la siembra y luego se repitió el procedimiento una vez mensualmente, la aplicación se realizó en el plato de la planta donde se encuentran las raíces efectivas que son más susceptibles al ataque de fitofagos, este proceso se llevó a cabo en cada uno de los lotes utilizados con alta y baja presencia de la enfermedad. Para la aplicación se utiliza fumigadora de espalda manual, con boquilla de abanico. Las aplicaciones del consorcio se realizan en todas las etapas del cultivo, iniciando con plántulas de la misma edad, dichas aplicaciones se realizan de forma permanente durante el tiempo que permanezca el cultivo.

Tabla 4.

Descripción de la aplicación del consorcio de microorganismos entomopatógenos. Fuente: elaboración propia

<i>Periodicidad de aplicación</i>	Mensual. Se realizan durante la permanencia del cultivo.
<i>Etapas del cultivo</i>	Se aplica en todas las etapas del cultivo.
<i>Aplicación</i>	Se realiza en el plato de la planta donde se encuentran las raíces efectivas.
<i>Maquinaria empleada</i>	Fumigadora de espalda manual con boquilla de abanico.

El consorcio consistió en una mezcla comercial de los hongos llamado Entomomezcla producido por la empresa MICRO-AP Microbiología Aplicada, la mezcla entomopatógena está compuesta por: *Lecanicillium lecanii*, *Purpureocillium lilacinum*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* el cual se aplicó en una concentración de 1×10^9 conidias /ml, 100 ml de solución en 1 litro de agua a cada planta

Tratamientos

Se llevaron a cabo los siguientes dos tratamientos con aplicación de consorcio, debido a las prácticas de manejo del cultivo en la finca donde se realizó el montaje:

- Tiempo cero sin aplicación de consorcio antes de la instalación de los lotes de cultivo A (alta presencia de marchitez vascular) y B (baja presencia de marchitez vascular) en la finca “Union Crop” el municipio de Arbelaéz (Cundinamarca).



Figura 5. Preparación de los lotes para la siembra de gulupa. Tiempo cero sin aplicación de consorcio. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.



Figura 6. Preparación de los lotes para la siembra de gulupa. Tiempo cero sin aplicación de consorcio. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.

- En un lote A con alta presencia de marchitez vascular de la finca “Unión Crop” en el municipio de Arbelaéz (Cundinamarca) se analizaron las muestras de suelo y su entomofauna de tres plantas de gulupa (con tres repeticiones) sembradas con aplicación de microorganismos entomopatógenos y a las cuales se les realizó aplicaciones posteriores de dicho consorcio, se tomaron en total cinco muestras cada 2 meses. Este lote históricamente ha tenido teniendo en cuenta lo dicho por el productor alta presencia del hongo fitopatógeno y de la enfermedad viéndose afectados los otros cultivos que se han establecido (gulupa, mora, uchuva, fríjol), aunque el lote se ha tenido con periodos de descanso se sigue manteniendo la alta presencia de *Fusarium*.
- En un lote B con baja presión de marchitez vascular de la finca “Unión Crop” en el municipio de Arbeláez (Cundinamarca), se analizaron las muestras de suelo y su entomofauna de tres plantas de gulupa (con tres repeticiones) sembradas con aplicación de microorganismos entomopatógenos y a las cuales se les realizó aplicaciones posteriores de dicho consorcio, se tomaron en total cinco muestras cada 2 meses. Este lote fue históricamente de pastoreo (pastura para bovinos y equinos), no se había

cultivado, siendo la presencia de *Fusarium* baja.

- Adicionalmente se realizaron dos muestreos en un lote en Pasca (Cundinamarca), uno en primer semestre de 2019 (mes de marzo) y un segundo muestreo en el segundo semestre de 2019 (mes de noviembre) donde la presencia de *Fusarium* es alta y el manejo del cultivo y del patógeno se realiza de manera tradicional con agroquímicos, igualmente se realizó el muestreo en tres plantas del lote de cultivo.

Evaluación de incidencia

En el lote A (Alta presencia) con 0.8 hectáreas y con 864 plantas y en el lote B (Baja presencia) con 2 hectáreas y 2000 plantas se evaluó el porcentaje de incidencia de la enfermedad observando la aparición de los síntomas asociados al marchitamiento vascular causado por *F. oxysporum* en cada uno de los lotes durante ocho meses para establecer la incidencia de la enfermedad, al final del periodo utilizando la fórmula propuesta por Van der Plank (1975) y Ramirez-Gil *et al*, 2017 se obtuvo el dato de incidencia, totalizando la cantidad de plantas afectadas.

Incidencia Lote A (Alta presencia)

$$I = (PE / PT) \times 100$$

Donde

I = índice de incidencia (%),

PE= número de plantas afectadas,

PT= número total de plantas.

Incidencia Lote B (Baja presencia)

$$I = (PE / PT) \times 100$$

Donde

I = índice de incidencia (%),

PE= número de plantas afectadas,

PT= número total de plantas.



Figura 7. Observación de plantas con síntomas asociados a Marchitez Vascular. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de clorofila

Para la inoculación de las plantas de gulupa se realizó el proceso de aislamiento del hongo en el laboratorio de microbiología de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá el cual se obtuvo a partir de muestras de tallo de una planta joven de gulupa con Marchitez Vascular, este proceso se observa en las figuras 8, 9, 10,11 y 12.



Figura 8. Obtención de cortes de gulupa para aislamiento del hongo *F*. Fotografía tomado por: Pilar Rojas. Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Cortes de gulupa para aislamiento del hongo *F. oxysporum*. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Cámara para realizar el aislamiento del hongo *F. oxysporum*. Fotografía tomada por: Odahir Torres.

Fuente: elaboración propia.



Figura 11. Proceso de aislamiento del hongo *F. oxysporum*. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente:

elaboración propia.

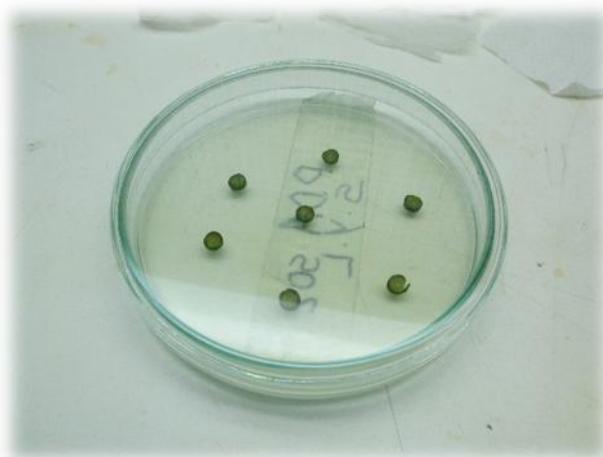


Figura 12. Cortes de gulupa en medio de cultivo. Fotografía tomado por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Para esta evaluación se realizaron mediciones de clorofilas totales con un SPAD Konica Minolta 502 ®, las primeras mediciones se realizaron en plantas en condiciones controladas en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional De Colombia sede Bogotá, se evaluaron plantas de gulupa de 2 meses, inoculadas con FO, bajo condiciones controladas (20°C y 80% de HR). Las mediciones se realizaron en los tercios inferior, medio y superior de las plantas (ver figuras 13 y 14).

Las segundas mediciones se realizaron en el municipio de Fusagasugá (Cundinamarca), en el barrio Antonio Nariño, comuna oriental, en 40 plantas en condiciones semicontroladas divididas en 4 tratamientos así, en un diseño al azar: 10 plantas con Fusarium sin consorcio (CFSC) como se observa en la figura 15, 10 plantas con Fusarium con consorcio (CFCC) ver figura 16, 10 plantas sin Fusarium con consorcio (SFCC) ver figura 17 y 10 plantas sin Fusarium sin consorcio (SFSC) como se observa en la figura 18, las mediciones se realizaron cada tres días en las hojas con la lámina foliar totalmente extendida durante 18 días (Día 0, Día3, Día 6, Día 9, Día 12, Día 15, Día 18), se tuvo 4 hojas como unidad experimental con 10 repeticiones, se tuvo en cuenta la metodología de Pérez y Melgarejo (2012).

Cabe agregar que se realizó el proceso desde la obtención de la semilla, la germinación hasta el trasplante de las plantas de gulupa, para su siembra se utilizó suelos de las fincas donde se realizaron los tratamientos para la evaluación de la entomofauna, el cual tenía presencia de FO y de artrópodos, la aplicación del consorcio para las plantas CFCC y SFCC, se realizó una semana después del trasplante, se utilizó 20 cm³ por planta de la solución de agua y consorcio (ver figura 19). Las medidas obtenidas son unidades SPAD como se observa en la figura 20.



Figura 13. Plantas de gulupa inoculadas con *Fusarium oxysporum*, primeras mediciones de clorofila realizadas en la Universidad Nacional de Colombia. Fotografía tomada por: Stephanie Hurtado. Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Plantas de gulupa inoculadas con *Fusarium oxysporum*, primeras mediciones de clorofila realizadas en la Universidad Nacional de Colombia. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. *Tratamientos en condiciones semicontroladas para la medición de la clorofila con el SPAD.*

Tratamiento	Descripción	Abreviatura
T1	Plantas con Fusarium sin consorcio	CFSC
T2	Plantas con Fusarium con consorcio	CFCC
T3	Plantas sin Fusarium con consorcio	SFCC
T4	Plantas sin Fusarium sin consorcio	SFSC



Figura 15. Segunda medición de clorofila. Tratamiento uno plantas con Fusarium sin consorcio, CFSC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 16. Segunda medición de clorofila. Tratamiento dos plantas con Fusarium con consorcio, CFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Segunda medición de clorofila tratamiento tres plantas sin Fusarium con consorcio, SFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 18. Segunda medición de clorofila. Tratamiento cuatro plantas sin Fusarium sin consorcio, SFSC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 19. Aplicación del consorcio al tratamiento dos CFCC y al tratamiento tres SFCC. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 20. Medición de clorofila. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Efecto del consorcio microbiano entomopatógeno sobre entomofauna del suelo

Para la evaluación de artrópodos se tomaron muestras de suelo de tres plantas con tres repeticiones las cuales fueron marcadas para su reconocimiento, la toma de muestra se realizó cada dos meses para un total de cinco muestras, se tomó la muestra de suelo del plato de la planta donde se encuentran las raíces efectivas y metabólicamente activas, a no más de 10 centímetros de profundidad para evitar causar heridas en las raíces, se tomó una muestra total de 500gr de suelo por planta (tres muestras por planta mezcladas), empacada en bolsa resellable, marcada con los datos de tiempo, con consorcio, alta o baja presencia y el número de la planta como se observa en la figuras 21 y 22 .

De igual manera se realizó para el tiempo cero sin aplicación de consorcio en los dos lotes. Luego se utilizó como método de trampeo el embudo de Berlese-Tullgren el cual consiste en un embudo de metal, malla de alambre o tamiz, foco (fuente de calor), frasco colector con alcohol al 70% y una base metálica. Es uno de los métodos más eficientes para los estudios cualitativos y cuantitativos de muestras de suelo, hojarasca, musgo, líquenes, madera en descomposición y otros sustratos (Palacios *et al.*, 2007).

Para el desarrollo de esta investigación el embudo de Berlese –Tullgren se optimizó después de varios ensayos quedando con las siguientes características : Se utilizaron tres bombillos en serie, los bombillos usados eran de halógeno de luz amarilla de 42 watts, los cuales estaban cubiertos por una cartulina de 20cm de diámetro en forma de cono, los 200 gramos de muestra de suelo se ubicaban en un embudo con un tamiz de orificios de 3mm de diámetro, el recipiente de caída contenía 20 ml de agua jabonosa con 1ml de alcohol al 70%.

El embudo se realizó de manera artesanal haciendo uso de botellas de gaseosa de 1.5 litros, malla anegeo plástica, cartulina negra y un armante en tubos PVC para el circuito de los tres bombillos en serie como se observa en las figuras 23 y 24. La muestra de suelo era pesada y llevada al embudo, ubicándola a 20cm de la fuente de calor, se exponía a esta fuente por 48 horas continuas. Pasado este tiempo las muestras se retiraban, se llevaba el líquido del recipiente de caída a cajas de Petri y haciendo uso de un estereoscopio se procedía a realizar el conteo y registro manual de los artrópodos encontrados clasificándolos por órdenes contando con la asesoría de un entomólogo experto el Doctor Jordano Salamanca (ver figuras 25, 26 y 27), posteriormente la muestra analizada se llevaba a un frasco para muestra de orina marcado con los datos que identificaban dicha muestra, finalmente se sistematizaron los datos obtenidos. La variable evaluada fue el número de artrópodos de cada orden encontrado.



Figura 21. Recolección de muestras de suelo lotes A y B en Arbeláez (Cundinamarca). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Pesaje y montaje de la muestra de suelo en el embudo Berlese-Tullgren. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.



Figura 23. Embudo Berlese-Tullgren. Fotografía: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.

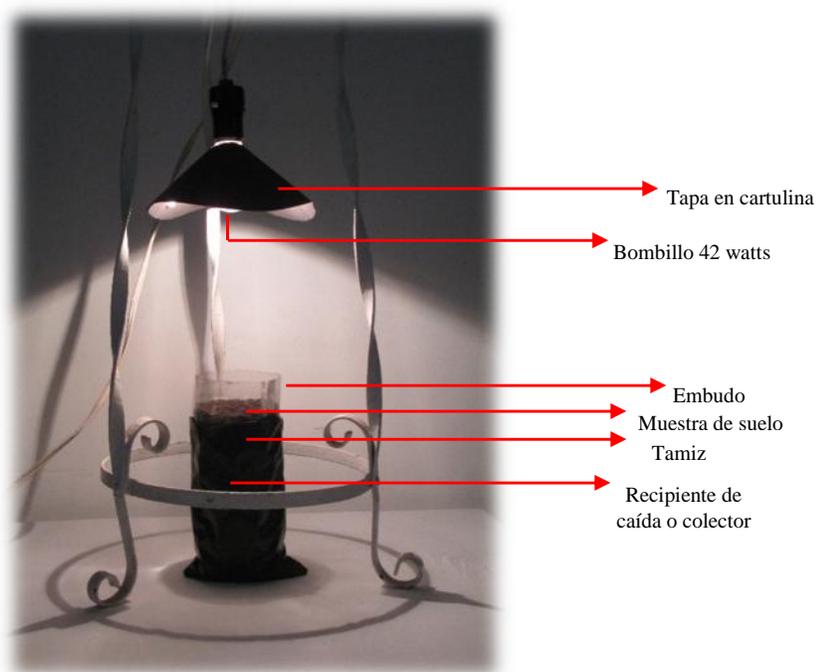


Figura 24. Embudo Berlese-Tullgren. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

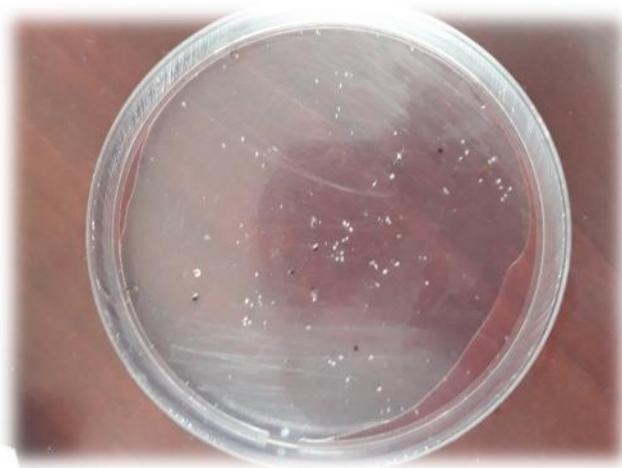


Figura 25. Líquido del recipiente de caída en caja de Petri. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.



Figura 26. Observaciones realizadas en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 27. Artrópodos observados en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Análisis estadístico

Para la determinación del efecto del consorcio microbiano entomopatógeno sobre las poblaciones de artrópodos, se realizó la evaluación de la dinámica del porcentaje relativo de las poblaciones de cada uno de los grupos de artrópodos encontrados durante 8 meses desde el momento previo a la aplicación del consorcio y posteriormente cada 2 meses, para un total de 5 evaluaciones en el tiempo, en cada uno de los dos lotes (Alta y Baja presencia). Los datos de poblaciones de artrópodos son presentados como porcentaje relativo.

En cuanto a la medición de clorofila en unidades SPAD, los datos fueron analizados con R 4.0.1 (R Development Core Team 2020). Se determinó si los datos cumplían con la normalidad y homocedasticidad por medio de la prueba de Shapiro–Wilk. Para conocer el efecto del *Fusarium oxysporum* y de la aplicación del consorcio entomopatógeno sobre la clorofila durante 18 días, se realizó un análisis de varianza ANOVA, bajo un diseño completamente al azar (DCA), y cuando el resultado fue significativo se realizó un análisis de Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$) para conocer las diferencias entre los tratamientos.

Resultados y Discusión

Dinámica de la entomofauna con la aplicación de consorcios

En suelo con alta presencia de FO antes de la aplicación del consorcio la mayoría de artrópodos son colémbolos 65% y coleópteros (13%), cuya población disminuye con la aplicación del consorcio (colémbolos-26% y coleópteros 0%) En baja presencia de FO, sin la aplicación del consorcio la diversidad de artrópodos es mayor, encontrándose colémbolos, ácaros, sínfilidos y coleópteros (44, 24, 20 y 2 % respectivamente). Ocho meses después de la primera aplicación del consorcio las proporciones de la población varían: colémbolos (70%), ácaros (18%), sínfilidos (0%) y coleópteros (0%).

Estos resultados evidencian que en los suelos con plantas enfermas de FO existe una mayor población de colémbolos, los cuales se reducen con la aplicación del consorcio.

En los suelos donde se ha realizado la aplicación de consorcios las poblaciones de entomofauna presentes se ven afectadas en cuanto a su composición con reducciones significativas en número de individuos y plantas afectadas por MV.

En suelos con presión histórica de FO, que no recibieron aplicación de consorcios y donde se presentan plantas enfermas, el número de individuos de la entomofauna es mayor, destacándose altas poblaciones de larvas de coleópteros (> 70%).

Tabla 6.

Porcentaje de individuos en los diferentes grupos de artrópodos del suelo con baja presencia de Fusarium oxysporum f.sp passiflorae. Fuente: elaboración propia.

<i>Grupo de artrópodos</i>	<i>Tiempo (meses)</i>				
	0*	2	4	6	8

Acary	24	19	25	38	18
Araneae	2	0	0	0	5
Coleoptera	2	12	16	6	0
Collembola	44	47	58	55	70
Diptera	6	2	0	0	8
Hemiptera	0	2	0	0	0
Ortoptera	1	0	0	0	0
Symphyla	20	19	2	2	0

Nota. *Tiempo cero sin aplicación de consorcio

Cada valor representa el porcentaje del orden de artrópodos en suelos con baja presencia de FO.

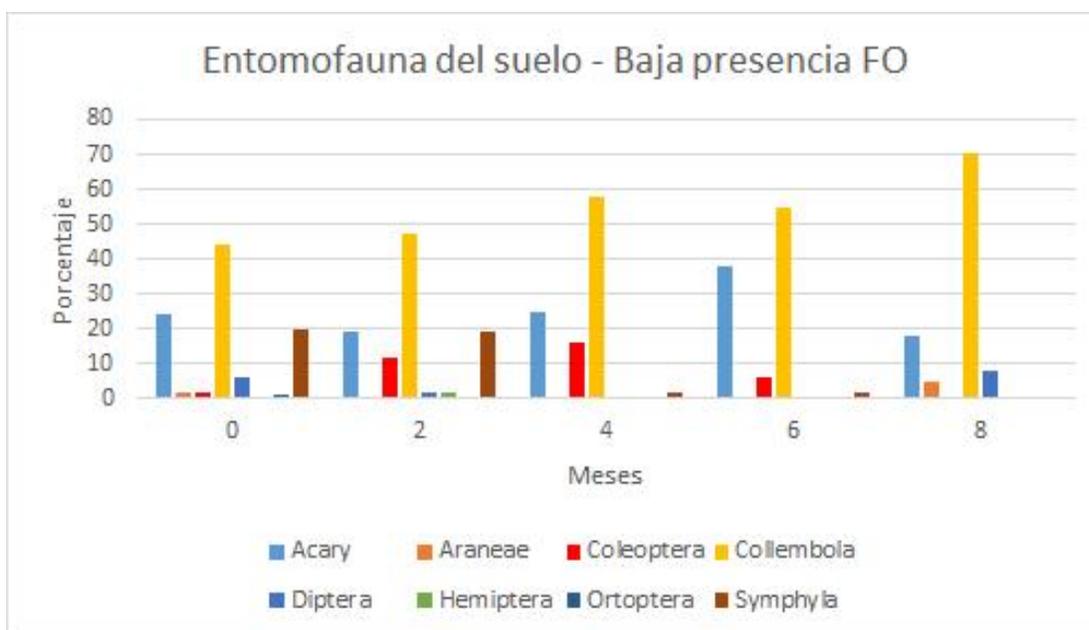


Figura 28. Dinámica entomofauna del suelo con baja presencia de FO (porcentaje). Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.

Porcentaje de individuos en los diferentes grupos de artrópodos del suelo con alta presencia de *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflorae*.

<i>Grupo de artrópodos</i>	<i>Tiempo (meses)</i>				
	0*	2	4	6	8
Acary	0	46	37	14	53
Araneae	10	0	0	0	0
Coleoptera	13	0	3	0	0
Collembola	65	8	49	72	26
Hymenoptera	0	31	5	0	0
Hemiptera	0	0	0	0	11
Ortoptera	6	0	0	0	0
Symphyla	6	15	5	14	11

Nota. *Tiempo cero sin aplicación de consorcio

Cada valor representa el porcentaje del orden de artrópodos en suelos con alta presencia de FO.

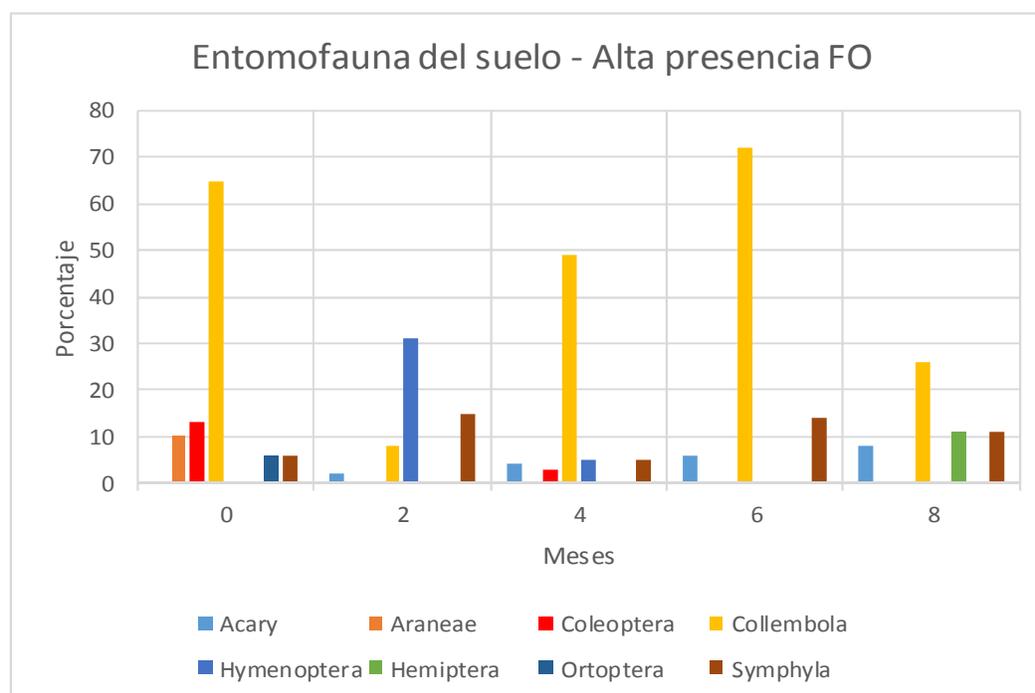


Figura 29. Dinámica entomofauna del suelo con alta presencia de FO (porcentaje). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 30. Ácaro con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 31. Colémbolo con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.



Figura 32. Sinflido con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.



Figura 33. Larva de coleóptero con presencia de hongo entomopatógeno observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Dentro de los tratamientos establecidos en condiciones semicontroladas se encontró que la aplicación del consorcio en plantas sembradas en suelo con artrópodos y FO es decir el tratamiento dos CFCC, fue efectivo ya que las plantas de gulupa no desarrollaron sintomatología de la marchitez vascular causada por el hongo, esto en comparación de las plantas sembradas en suelo con artrópodos y FO sin aplicación del consorcio tratamiento uno CFSC, las cuales desarrollaron la enfermedad.



Figura 34. Planta de gulupa Con Fusarium Sin Consorcio (izq) y planta de gulupa Con Fusarium Con Consorcio (der). Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Dentro de las poblaciones de artrópodos recurrentes en los suelos con alta y baja presencia de FO y con aplicación de consorcio, al igual que en el suelo de alta presencia y sin aplicación de consorcio encontramos:

Coleópteros

Los coleópteros son unos de los Órdenes de insectos más prolíficos y diversos, con 290.000 especies descritas representan el 40% de todos los hexápodos conocidos, se caracterizan por el par de alas mesotorácicas transformadas en unos estuches endurecidos, los élitros (ausentes en algunas hembras), debajo de los cuales las alas pueden doblarse y guardarse cuando están en reposo. Este rasgo, junto al tipo de desarrollo con metamorfosis completa les ha permitido explotar casi todo tipo de nicho ecológico, adaptándose tanto a medios terrestres como acuícolas, consumiendo una gran variedad de recursos tróficos, tan diferentes como excrementos (coprófagos), carroña (necrófagos) o plantas verdes (herbívoros, florícolas, radicícolas). En cuanto a su desarrollo, los coleópteros son insectos Holometábolos, es decir, presentan un ciclo biológico con metamorfosis completa pasando por estadios inmaduros antes de llegar a adulto, el

huevo, la larva y la pupa. Mientras que esta última es quiescente, las larvas, salvo excepciones, son activas y suelen presentar apéndices que les permiten desplazarse lo suficiente como para conseguir alimento para culminar su desarrollo. La mayoría de las especies son inocuas, aunque algunas pueden considerarse plagas puesto que consumen el tejido radicular de plantas cultivadas, ocasionando daños económicos severos, daños que fluctúan entre el 10 y el 80%. (Coca, 2009; Alonso, 2015; Pardo, *et al.*, 2003, Bran, *et al.*, 2006)



Figura 35. Larva de coleóptero en muestra de suelo. Fotografía tomada por: Katterine Paez. Fuente: elaboración propia.

Sinfilidos

Los sinfilidos taxonómicamente pertenecen al Phylum Arthropoda y la Clase Symphyla. Son pequeños artrópodos blancos, de cuerpo blando y antenas largas, que se mueven muy rápido en el suelo. Los adultos miden entre 2 a 6 mm, y presentan 6 pares de patas cuando eclosionan y 12 cuando están desarrollados. Están distribuidos mundialmente, se encuentran en diferentes tipos de hábitats, es factible hallarlos en suelos con alta humedad, capas profundas de materia orgánica, madera en descomposición, márgenes de estanques o cerca de fuentes de agua. El ciclo de vida de los sinfilidos, desde huevo a adulto se desarrolla en un tiempo promedio de 82,5 días,

en condiciones controladas, en condiciones naturales los sinfilidos pueden vivir entre 4 y 5 años. Sus hábitos alimenticios son saprófitos y/o fitófagos, se alimentan de las secciones más jóvenes de las raíces de hortalizas, frutales y ornamentales, provocando el síntoma de escoba de bruja, se les atribuyen pérdidas en la producción superiores al 40%. (Banacol, 2011; Agregado, *et al.*, 1988; Abarca, 1996; Ross, 1982)



Figura 36. Sinfilido observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Julieth Parra. Fuente: elaboración propia.

Colémbolos

Los colémbolos son artrópodos diminutos, sin alas y bastante similares a los insectos (Insecta: Collembola). Presentan las siguientes características sobresalientes: miden entre 250 μm y 10 mm de longitud; sus piezas bucales son del tipo entognata, es decir, sus apéndices mandibulares y maxilares se encuentran incluidos dentro de una cavidad formada por el labro, el labio y proyecciones de las genas llamadas “plica oralis”; otros caracteres que los aísla fácilmente del resto de los Hexápoda y les confiere una identidad particular entre los artrópodos primitivos son: estructura del tubo digestivo y de la gónada, persistencia de un aparato excretor

celómico, ausencia de tubos de Malpighi, presentan, además, dos características únicas que los definen como grupo: un órgano saltador o furca, situado ventralmente en el cuarto segmento abdominal, y un tubo ventral en el primer segmento abdominal, relacionado con la regulación hídrica y que además puede tener funciones de órgano adhesivo. El colémbolo en cuestión a una densidad determinada, está relacionado con daños en plantas, afecta el sistema radical, disminuye la longitud de tallos y detrimento del desarrollo general de los cultivos, también pueden dispersar esporas de hongos fitopatógenos. (Ospina, *et al.*, 2003; Arbea, *et al.*, 2001; Roatta, *et al.*, 1989)

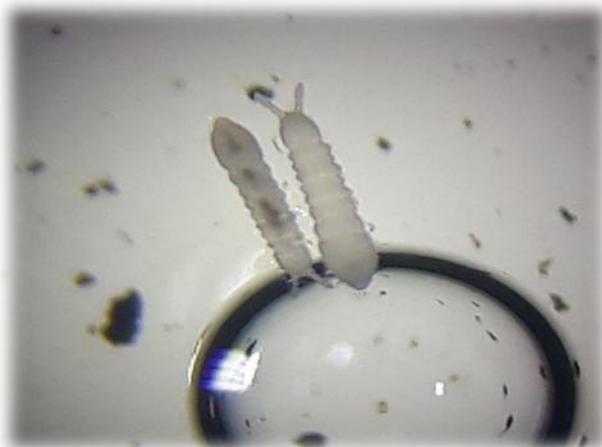


Figura 37. Colémbolos observados en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Ácaros

Los ácaros son animales diminutos con un tamaño que va de 0.1 mm a 3 cm de longitud. Pertenecen a la clase Arachnida, y puede encontrarse en casi todos los ecosistemas incluyendo desiertos, tundras, alpinos, estrato profundo del suelo, cuevas, manantiales calientes, suelo oceánico. Los ácaros tienen gran importancia biológica y ecológica; desempeñan un papel muy importante en numerosas interacciones en la naturaleza. Como todos los artrópodos, poseen un exoesqueleto que van cambiando hasta alcanzar el estado adulto. Los ácaros presentan diferentes

colores dependiendo del medio que habitan y de su alimentación. Los ácaros del suelo son principalmente de colores crema o marrón oscuro, aunque algunas especies presentan llamativos colores como el verde, rosa, rojo y café. Se encuentran especies fitófagas subterráneas que son las que se alimentan de raíces o bulbos, perforando las células y absorbiendo el contenido, o triturando el tejido con los quelíceros. Se trata de ácaros poco esclerotizados, de patas cortas y movimientos lentos. Pertenecen, generalmente a los Astigmata y Oribatidos. Desde el punto de vista económico, muchas especies de ácaros pueden llegar a constituir verdaderas plagas de cultivos y de productos almacenados, tanto al alimentarse directamente de éstos como al transmitir virus vegetales. (Colín, *et al.*, 2016; Iraola, 2001)



Figura 38. Ácaro observado en el estereoscopio. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Incidencia de la marchitez vascular

La evaluación de la incidencia se realizó a través de la observación de los lotes de cultivo teniendo en cuenta la aparición de los síntomas asociados a Marchitez Vascular (MV), como son clorosis en las hojas jóvenes y epínastia en las hojas más viejas acompañado de deshidratación hasta que la planta se observa completamente marchita, en plantas adultas como lo registra Cruz, et al, 2012 los frutos deshidratados no alcanzan la madurez y el número de flores disminuye

considerablemente, se presenta la defoliación de la planta e internamente como lo establece Jiménez, et al; 2012 se observa un decoloración rojiza en los haces vasculares al realizar un corte transversal de tallo y las raíces. La obstrucción que se da en los haces vasculares impide la translocación de nutrimentos y agua (Ocampo, *et al.*, 2012) por lo que se desarrolla la sintomatología ya mencionada. (ver figuras 39 y 40)

Se obtuvo que el porcentaje de incidencia, luego de ocho meses del inicio de la evaluación en los suelos de alta presencia de FO que no recibieron la aplicación del consorcio microbiano (Pasca) el % de incidencia de MV fue siempre superior al 20%. En el terreno de alta presencia donde se aplicó el consorcio (Arbeláez) la incidencia disminuyó al 15 %. En terrenos de baja presencia histórica de FO (Arbelaez), la incidencia de MV fue del 1.5% y no se observaron diferencias atribuibles a la aplicación del consorcio.

Incidencia Lote A (Alta presencia)

$$I = (PE / PT) \times 100$$

Donde

I = índice de incidencia (%),

PE= número de plantas afectadas,

PT= número total de plantas.

$$I = (130/864) \times 100$$

I = 15% de incidencia para este lote.

Incidencia Lote B (Baja presencia)

$$I = (PE / PT) \times 100$$

Donde

I = índice de incidencia (%),

PE= número de plantas afectadas,

PT= número total de plantas.

$$I = (30/2000) \times 100$$

En el lote de alta presencia de FO y MV, tuvo un efecto benéfico la aplicación del consorcio frente a la incidencia de la MV, puesto que es un porcentaje bajo en comparación a sitios donde la presencia del hongo y la enfermedad causan incidencias mayores al 20% causando pérdidas económicas pues los cultivos son erradicados en su totalidad ya que no alcanzan la etapa de fructificación o su fruto no se desarrolla completamente. Cabe agregar que el control tanto del FO como agente causal de la MV y de la enfermedad en sí es preventivo.



Figura 39. Enrojecimiento de los haces vasculares del tallo de una planta joven de gulupa. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 40. Sintomatología de MV en plantas adultas de gulupa. Fotografía tomada por: Cristina Mendoza. Fuente: elaboración propia.

Para el caso de las plántulas que se manejaron en condiciones semicontroladas con fusarium y sin aplicación de consorcio se inició el amarillamiento de las hojas bajas, inicio de defoliación y reducción en el crecimiento, de las 10 plantas manejadas en este tratamiento número uno CFSC todas desarrollaron la sintomatología asociada a MV como se ve en la figura 41 y 42.



Figura 41. Sintomatología de plantas de gulupa con MV en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 42. Defoliación completa plantas de gulupa con MV en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que para que se dé la entrada del hongo *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* se debe causar una herida en la raíz de la planta, la cual puede ser por acción

mecánica y prácticas culturales como por la acción de fitófagos presentes en el suelo, lo que genera una reacción de defensa.

Teniendo en cuenta la reacción de defensa que ejercen las plantas Laredo, *et al.*, 2017 plantea:

La resistencia natural de las plantas a patógenos se basa en efectos combinados de barreras preformadas y mecanismos inducibles. Se ha comprobado que una compleja red de señales hormonales controla la respuesta de la planta frente al ataque de patógenos. Dependiendo del tipo de agente inductor, existen dos tipos de inducción de resistencia: biótica y abiótica y se activan dependiendo del tipo de daño generado. La cascada de señales generada por un inductor abiótico sólo sigue la vía del ácido jasmónico y etileno, denominada resistencia sistémica inducida (RSI).

El ácido jasmónico es producido por la planta después del daño producido por un patógeno los cuales pueden ser microorganismo o insecto y da como resultado un incremento de la producción de compuestos de resistencia, como el ácido salicílico y etileno. Entre las situaciones de estrés que lo regulan están las heridas (mecánicas o bióticas), la exposición a ozono, sequía y el ataque por patógenos y plagas. El ácido jasmónico, al igual que cualquier otra hormona, no participa de forma aislada en la activación de los procesos que regula, sino que lo hace interaccionando con otras moléculas señalizadoras. Se ha descrito un amplio número de interacciones entre el AJ y otras rutas de señalización hormonal como las de etileno, AS, auxinas o ABA. Al ser herida la planta por algún patógeno se induce el aumento en la producción de etileno. Lo que genera la formación de elicitores (conformados principalmente por los elementos de las paredes celulares destruidas), estos causan diversas reacciones: pueden generar desde reacciones de hipersensibilidad conectada con la explosión oxidativa y la muerte programada de

las células alrededor del lugar infectado. Los jasmonatos se sintetizan en mayores cantidades tras el ataque de herbívoros y están implicados en la inducción de genes en el proceso de Resistencia Sistémica Inducida, además, la combinación de etileno con la hormona denominada ácido jasmónico permiten la activación de varios genes de defensa de la planta, especialmente, para la protección contra patógenos necrotróficos, que habitan el suelo. (Dotor, *et al.*, 2014; Taiz & Zeiger, 2002).

Medición de clorofila

Con la medición de clorofila se pudo establecer que en plantas expuestas a una alta presión de *Fusarium* sin aplicación de consorcio y en suelo con artrópodos, se da una reducción de la cantidad de clorofila 30.94 unidades SPAD para el día 18 sin observar cambios o síntomas visibles, lo que señala que en la planta se producen cambios asociados con el taponamiento vascular generado por el hongo que se demuestran en la reducción de la clorofila. Por su parte en el tratamiento de alta presencia de *Fusarium* pero con aplicación de consorcio la reducción de clorofila no es tan significativa 37.28 unidades SPAD para el día 18, lo que confirma que el consorcio ejerce acción en el control de los artrópodos fitófagos del suelo minimizando la entrada del hongo. Por su parte en los tratamientos sin *Fusarium* con y sin aplicación de consorcio se presentaron niveles altos del contenido de clorofila, 45.02 y 44.51 unidades SPAD para el día 18 respectivamente.

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de clorofila tomadas con el SPAD Konica Minolta 502®, en plantas sometidas a 4 tratamientos diferentes Con *Fusarium* Sin Consorcio (CFSC), Con *Fusarium* Con Consorcio (CFCC), Sin *Fusarium* Sin Consorcio (SFSC) y Sin *Fusarium* Con Consorcio (SFCC) durante 18 días de evaluación, con mediciones hechas

cada tres días. (Día 0, Día 3, Día 6, Día 9, Día 12, Día 15, Día 18) como se puede observar en las figuras 50 y 51.

Tabla 8.

Anova, diseño completamente al azar (DCA). Fuente: elaboración propia.

<i>Día</i>	<i>gl</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
0	3	4.824	0,00307
3	3	5.068	0,00224
6	3	8,166	0,000043
9	3	31,93	3,79e-16
12	3	40,16	<2e-16
15	3	43,72	<2e-16
18	3	53,61	<2e-16

Tabla 9.

Prueba de Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$). $N = 40$. Fuente: elaboración propia.

<i>Día</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	
0	Con Fusarium	Con consorcio	35,75 a
		Sin consorcio	34,40 ab
	Sin Fusarium	Con consorcio	32,24 ab
		Sin consorcio	33,71 ab
3	Con Fusarium	Con consorcio	35,43 b
		Sin consorcio	36,01 ab

	Sin Fusarium	Con consorcio	37,75	a
		Sin consorcio	36,93	ab
6	Con Fusarium	Con consorcio	37,49	a
		Sin consorcio	34,23	b
	Sin Fusarium	Con consorcio	38,33	a
		Sin consorcio	38,87	a
9	Con Fusarium	Con consorcio	35,69	b
		Sin consorcio	31,52	c
	Sin Fusarium	Con consorcio	40,88	a
		Sin consorcio	41,48	a
12	Con Fusarium	Con consorcio	35,29	b
		Sin consorcio	29,83	c
	Sin Fusarium	Con consorcio	41,03	a
		Sin consorcio	41,61	a
15	Con Fusarium	Con consorcio	36,36	b
		Sin consorcio	31,27	c
	Sin Fusarium	Con consorcio	43,94	a
		Sin consorcio	43,53	a
18	Con Fusarium	Con consorcio	37,28	b
		Sin consorcio	30,94	c
	Sin Fusarium	Con consorcio	45,02	a
		Sin consorcio	44,51	a

Nota.*Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas

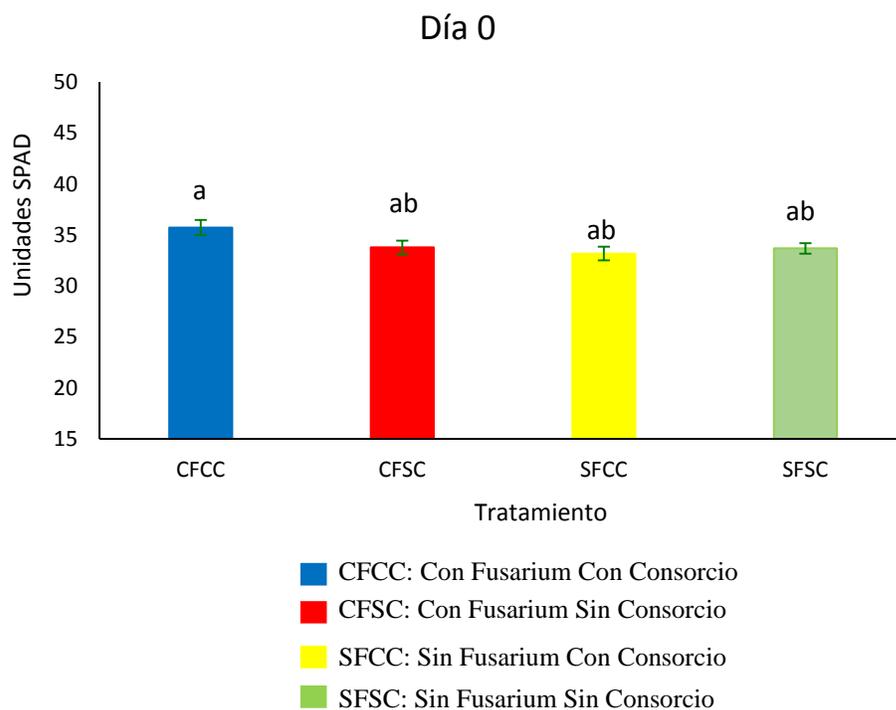


Figura 43. Medición de clorofila en unidades SPAD, día cero para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.

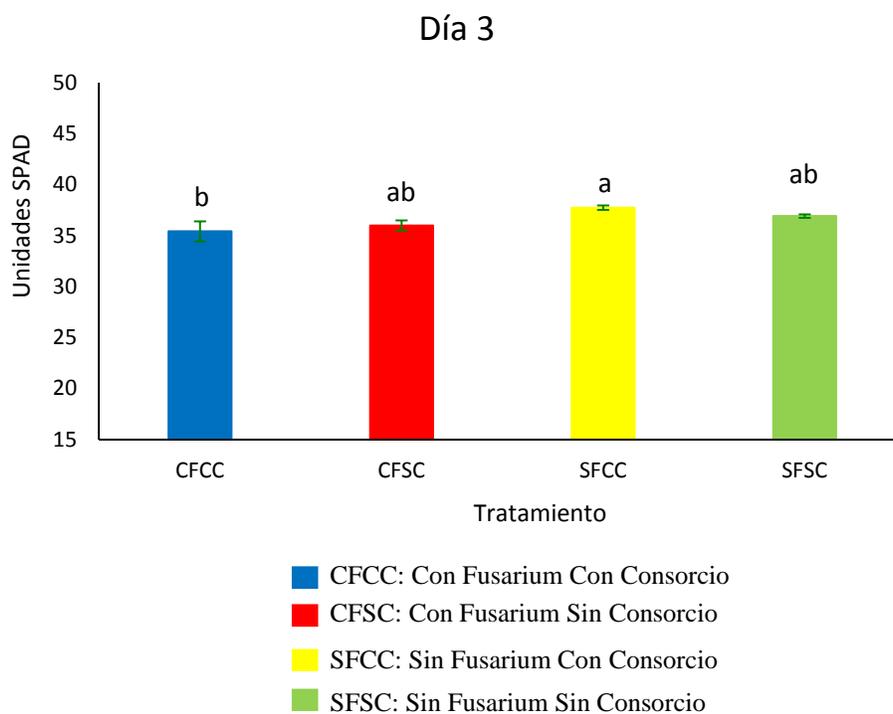


Figura 44. Medición de clorofila en unidades SPAD, día tres para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.

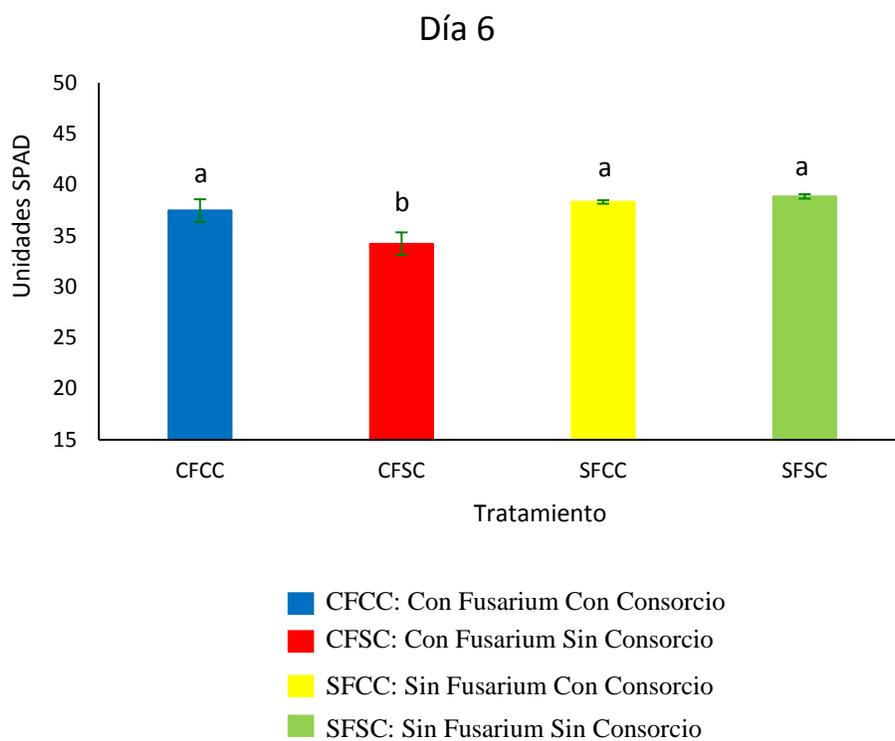


Figura 45. Medición de clorofila en unidades SPAD, día seis para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.

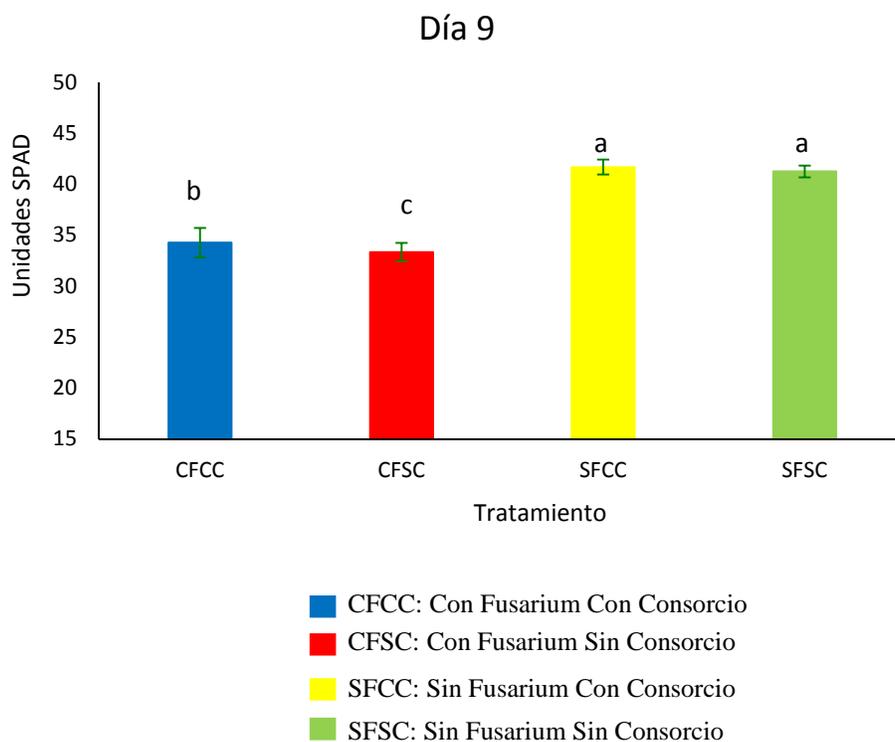


Figura 46. Medición de clorofila en unidades SPAD, día nueve para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.

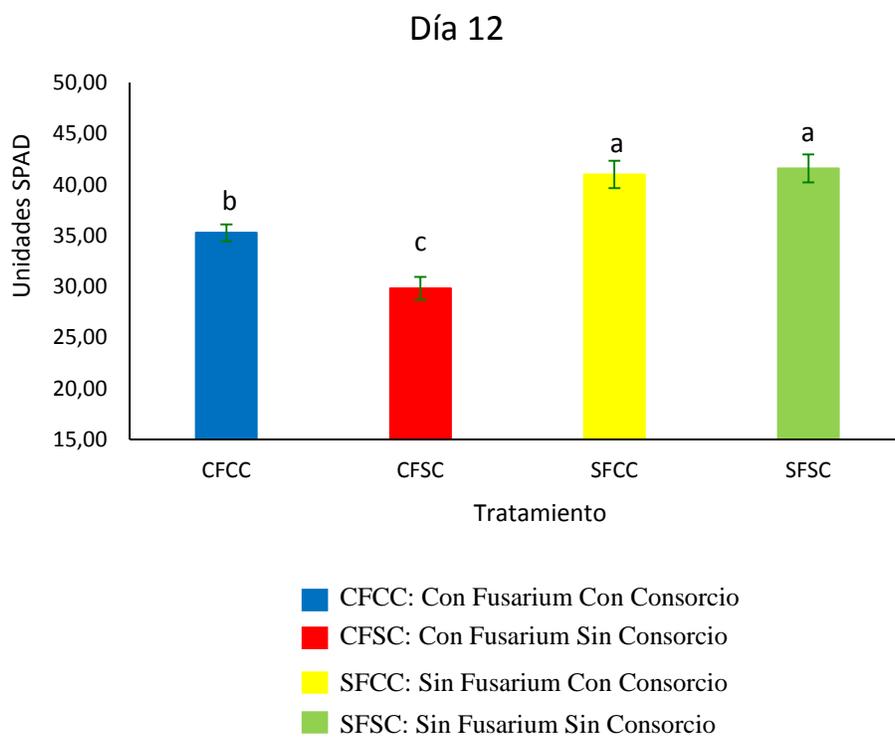


Figura 47. Medición de clorofila en unidades SPAD, día doce para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia.

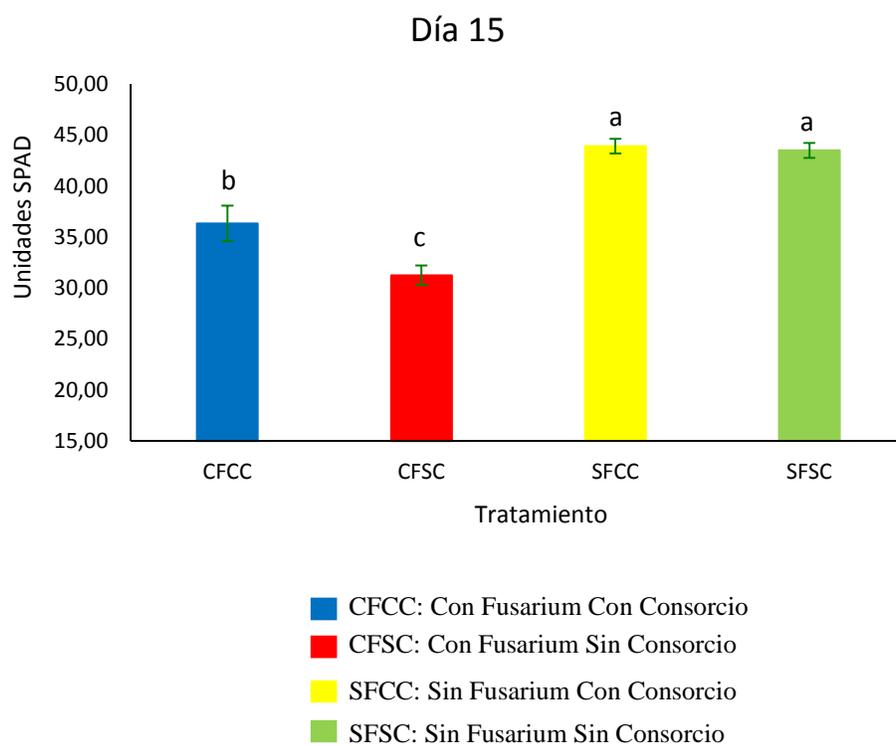


Figura 48. Medición de clorofila en unidades SPAD, día quince para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia

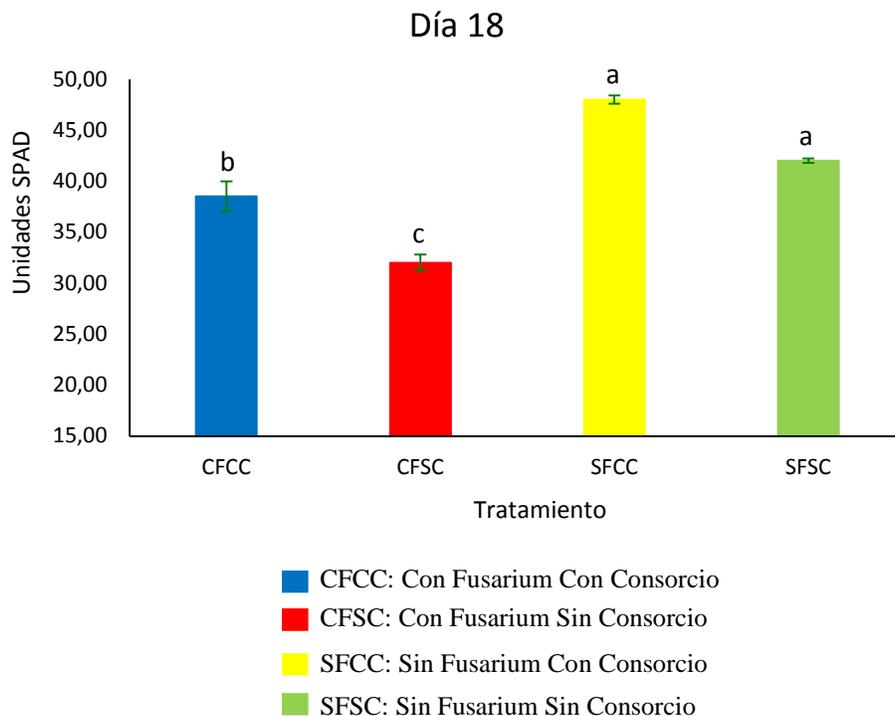


Figura 49. Medición de clorofila en unidades SPAD, día dieciocho para cada uno de los tratamientos. Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, cabe destacar que la resistencia de la planta a las enfermedades está asociada con un número de respuestas de defensa, activadas por el hospedante después de ponerse en contacto con los patógenos. Se expresa frecuentemente como una reacción de hipersensibilidad, la cual resulta en la muerte celular acotada a los sitios de penetración del patógeno. (Amaral, *et al.*, 2008)

Las especies de *Fusarium* causantes de marchitez siguen un patrón similar de infección; el hongo penetran por la raíz y colonizan en el tallo de las plantas el sistema vascular. El micelio avanza hasta alcanzar específicamente el sistema xilemático, que es el conjunto de células leñosas por donde circula el agua y las sales minerales disueltas en ella, el hongo utiliza el xilema como un sistema de avenidas por donde rápidamente puede diseminarse, no solamente

mediante el crecimiento rápido de sus hifas sino también produciendo pequeñas esporas, muy abundantes, conocidas como microconidias, las que fácilmente pueden circular en el flujo de agua e ir invadiendo toda la planta. Sin embargo, cuando se da la colonización con el crecimiento y desarrollo del hongo la planta reacciona tratando de impedir su avance, proceso que se restringe tanto en cultivares resistentes como susceptibles, a la región de entrada inicial del patógeno, debido a la oclusión de los vasos por geles, gomas, deposiciones de calosa y tilosas que funcionan como barreras físicas y químicas que pretenden detener la evolución de la infección. (Turlier, *et al.*, 1994; Cruz, *et al.*, 2012; Sun, *et al.*, 2008; Takken, 2010)

Como consecuencia de la obstrucción del sistema vascular de la planta (producto tanto de la invasión del patógeno como del sistema de defensa de la planta) por donde normalmente se mueve el flujo de agua y nutrientes necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de la misma, empiezan a observarse progresivamente algunos síntomas de marchitez muy similares a los que presenta la planta cuando se somete a déficit hídrico (Roncero *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesaria una detección temprana de la MV, puesto que aunque la planta se vea normal puede ya estar infectada y colonizada por el hongo y no generar síntomas visibles o ser asintomática, en el caso de las plántulas de vivero al ser llevadas a campo se convierten en una fuente del patógeno, para el caso de plantas ya establecidas al realizar prácticas de campo sin los procedimientos de desinfección adecuados se corre el riesgo de enfermar plantas sanas y afectar la totalidad del cultivo. La medición de clorofila a través del SPAD se convierte en una opción no destructiva, donde se determina un índice SPAD o índice relativo de clorofila que, normalmente, es altamente correlacionado con el contenido de clorofila de la hoja, identificando la deficiencia de nitrógeno (Ribeiro, *et al.*, 2015), uno de los nutrientes que deja la planta de gulupa de traslocar debido al taponamiento de los

haces vasculares causado por *Fusarium* y permitiendo establecer una detección temprana de la enfermedad para evitar su propagación y pérdidas en los cultivos.

Cabe resaltar que los análisis de intensidad del verde de las hojas ha sido una técnica muy utilizada en la evaluación del contenido de nitrógeno en una planta por el hecho de existir correlación directa entre la intensidad del verde y el contenido de clorofila con la concentración de nitrógeno en la hoja, pues el nitrógeno participa de la constitución de la molécula de clorofila (Taiz & Zeiger 2002).



Figura 50. Disminución del índice SPAD en plantas con *Fusarium* sin aplicación de consorcio en condiciones semicontroladas y sin presencia de clorosis. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.



Figura 51. Índice SPAD en planta sin *Fusarium* sin aplicación de consorcio en condiciones semicontroladas. Fotografía tomada por: Odahir Torres. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La composición de las poblaciones de entomofauna del suelo se ve afectada por la aplicación del consorcio microbiano entomopatógeno, presentándose disminución en estas.

En los suelos donde hay aplicación de consorcio y baja presión de *F. oxysporum* se aumenta la diversidad de entomofauna del suelo. En suelos con mayor presión por *F. oxysporum* e incidencia de Marchitez Vascular se presentan poblaciones de entomofauna más abundantes en colémbolos y coleópteros.

La presencia de *F. oxysporum*, el tipo de entomofauna presente y las aplicaciones de consorcios microbianos entomopatógenos tienen un efecto sobre el aumento o disminución de la incidencia de la marchitez vascular en plantas de gulupa.

Es posible encontrar plantas asintomáticas con el desarrollo de la enfermedad vascular afectando la fotosíntesis.

Debido a que el manejo de la MV es preventivo y curativo, las estimaciones de clorofila son una alternativa para su detección temprana, al establecer el estatus fotosintético de las plantas y las variaciones que presenta ante el estrés biótico generado por la presencia de *F. oxysporum*.

El uso de consorcios microbianos entomopatógenos es una alternativa que reduce costos e impacto ambiental por el uso de productos de síntesis química y que permite enmarcar la producción de gulupa dentro de las BPA.

Recomendaciones

Es necesario vincular a otros productores de gulupa para dar a conocer el beneficio dentro de la producción del uso de microorganismos entomopatógenos como medida de prevención de la Marchitez Vascular causada por *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflorae*.

Se debe dar a conocer dentro de los productores de material vegetal la necesidad y la forma de cómo se puede evitar llevar material enfermo asintomático a siembra definitiva a través de las mediciones de clorofila.

Referencias Bibliográficas

- Abarca, G. (1996). Los sinfílidos (arthropoda: symphyla), el complejo jobotos (col: *Scarabaeidae*) (*Phyllophaga spp.*, *Anomala spp.* y *Cyclocephala spp.*) y sus relaciones con la corchosa, en algunos suelos de costa rica. *X Congreso Nacional Agronomico / II Congreso de Suelos 199*. Recuperado de: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_063.pdf
- Agregado, C., Chaparro, E. & Zuluaga, J. (1988). Observaciones sobre características, distribución y daños de sinfílidos (Symphyla) y otros organismos del suelo en cultivos de piña *Ananas comosus*, del Valle. *Acta Agronómica*, 38(2), 65-73. Recuperado de: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15370/16161
- Agrios, G. (2005). Fitopatología. Recuperado de: <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/biologia/FITOPATOLOGIA%20-%20George%20N-Agrios.pdf>
- Alonso, M. (2015). Clase Insecta, Orden Coleóptera. *Revista Idea-sea, Ibero Diversidad Entomológica accesible* (55), 1-18. Recuperado de: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_55.pdf
- Amaral, D., Lima, M., Resende, L. & Silva, M. (2008). Differential gene expression, induced by salicylic acid and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* infection, in tomato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (8), 1017-1023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800010>
- Araujo de Albuquerque, E. & Araujo de Albuquerque, E.H. (2009). Hongos Entomopatógenos: Importante herramienta para el control de “Moscas Blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronómica, Recife*, 5(6), 209-242.

Recuperado de:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>

Arbea, J. & Blasco, J. (2001). Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). *Aracnet 7- S.E.A.* (28), 35-48. Recuperado de: <http://sea-entomologia.org/aracnet/7/03ecolembolos/index.htm>

Arellano, G., Vergara, C. & Bello, S. (2015). Plagas entomológicas y otros artrópodos en el cultivo de la Piña (*Ananas comosus* var. *comosus* (L) Merr., Coppens & Leal) en Chanchamayo y Satipo, departamento de Junín, Perú. *Ecología aplicada*, 14(2), 175-189. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v14n2/a10v14n2.pdf>

Atalayo-Aguirre. E. (2014). Efecto de *Lecanicillium lecanii* y *Beauveria bassiana* sobre el ácaro *Panonychus citri* en condiciones de laboratorio. *Rebiol*, 34 (1), 42-50. Recuperado de: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/587>

Banacol. (2011). *Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña*. Méridyn Rodríguez Murillo (Ed). Banacol. Costa Rica. pp 11-12. Recuperado de: <https://pdf4pro.com/view/gu-237-a-de-identificaci-243-n-y-manejo-integrado-de-7514b.html>

Borges, D., Diaz, A., San Juan, A. & Gómez, E. (2010). Metabolitos secundarios producidos por hongos entomopatógenos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 44(3), 49-55. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120684008.pdf>

Bran, A., Londoño, M. & Pardo, L. (2006). Morfología de estados inmaduros de tres especies de *Cyclocephala* (Coleoptera: Melolonthidae) con una clave para larvas de tercer estado en Colombia. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7 (2), 58-66. Recuperado

de: <https://docplayer.es/93522514-Morfologia-de-estados-inmaduros-de-tres-especies-de-cyclocephala-coleoptera-melolonthidae-con-una-clave-para-larvas-de-tercer-estado-en-colombia.html>

Bustillo, A. (1986). Evaluación del hongo *Lecanicillium* (*Verticillium*) *lecanii* en el control de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* en frijol. *Revista Colombiana de Entomología*, 12(2), 26-31. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/273855509_Evaluacion_del_hongo_Lecanicillium_Verticillium_lecanii_en_el_control_de_la_mosca_blanca_Trialeurodes_vaporariorum_en_frijol

Cisneros, F. (1995). *Las relaciones entre las plagas y las plantas*. Recuperado de: https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/Las_relaciones_entre_las_plagas_y_las_plantas.pdf

Coca, M. (2009). De Gusano blanco a Escarabajo Sanjuanero (Coleoptera, Scarabaeidae). Características morfológicas, modo de vida e incidencia en cultivos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, (44), 581-586. Recuperado de: <http://chilorg.chil.me/download-doc/121918>

Colín, H. & García, C. (2016). Los ácaros del suelo y del polvo. Animales diminutos cerca de nosotros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 210-214. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/920/92043276016.pdf>

Cruz, M., Hoyos, L. & Melgarejo, L.M (2012). *Respuesta fisiológica de la gulupa (Passiflora edulis Sims) frente al ataque por Fusarium spp.* En: *Ecofisiología del cultivo de la gulupa*

Passiflora edulis Sims. Luz Marina Melgarejo (Ed). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp.91 – 113.

Dane. (2020). *Exportaciones. Información agosto de 2020, anexos*. Recuperado de:

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>

Dotor, M. & Cabezas, M. (2014). Mecanismos de Resistencia Sistémica en Plantas. *Acta Iguazu Cascavel*, 3(2), 1-19. Recuperado de: [http://e-](http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/download/10277/7380)

[revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/download/10277/7380](http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/download/10277/7380)

Fedepasifloras. (2018). *Manejo Fitosanitario para el control de Mosca del botón floral (Dapsios inedulis) y prácticas preventivas para el manejo de la secadera (fusarium sp.)*. Recuperado de:

<http://fedepasifloras.org/es/wp-content/uploads/2018/04/Cartilla-2017-Manejo-Fitosanitario.pdf>

Flores, L., Escoto, J., Flores, F. & Hernández, A. (2008). Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 40, 11-18. Recuperado de:

<https://investigacion.uaa.mx/RevistaIyC/archivo/revista40/Articulo%202.pdf>

Funica. (2009). Guía. *Uso y manejo de Paecilomyces lilacinus para el control de nematodos*.

Recuperado de: [https://funica.org.ni/index/biblioteca/resultados-de-investigacion/category/87-](https://funica.org.ni/index/biblioteca/resultados-de-investigacion/category/87-Cafe.html?download=447:Guia%20Uso%20y%20manejo%20paecilomyces%20ES)

[Cafe.html?download=447:Guia%20Uso%20y%20manejo%20paecilomyces%20ES.](https://funica.org.ni/index/biblioteca/resultados-de-investigacion/category/87-Cafe.html?download=447:Guia%20Uso%20y%20manejo%20paecilomyces%20ES)

Garcés, E., Orozco, M., Bautista, G. & Valencia, H. (2001). *Fusarium oxysporum*. El hongo que nos falta conocer. *Acta Biológica Colombiana*, 6 (1), 7-25. Recuperado de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/63462/pdf>

Garzón, G., Barbosa, F., Rojas, E., Torres, K., Villamil, S., Orjuela, M., Espitia, L., Godoy, J., Rey, J., Cuero, D. & Galindo, J. (2020). *Plan De Desarrollo Arbeláez Somos Todos*.

Recuperado de:

https://arbelaezcundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/arbelaezcundinamarca/content/files/000368/18368_plan-de-desarrollo-20202023-arbelaez-somos-todos.pdf

Gómez, H., Zapata, A., Torres, E. & Tenorio, M. (2014). *Manual de producción y uso de*

Hongos entomopatógenos. Recuperado de:

<https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Producci%C3%B3n-y-Uso-de-Hongos-Entomopat%C3%B3genos.pdf>

González, M., Valencia, A. & Bustillo, A. (2001). Incremento de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*, utilizando integumento del insecto en el medio de cultivo. *Manejo Integrado de plagas*, (50), 31-35. Recuperado de:

<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6384/A1758e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gortari, M. C., & Hours, R. A. (2016). *Purpureocillium lilacinum* LPSC# 876: Producción de conidias en cultivos sobre sustratos sólidos y evaluación de su actividad sobre *Nacobbus aberrans* en plantas de tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 115 (2): 239-249.

Guerrero, E., Potosí, C., Melgarejo, L. & Hoyos, L. (2012). *Manejo Agronómico de Gulupa (Passiflora edulis Sims) en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)*. En:

Ecofisiología del cultivo de la gulupa *Passiflora edulis* Sims. Luz Marina Melgarejo (Ed).
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp.123 - 144.

Holder, D. J., y Keyhani, N. O. 2005. Adhesion of the entomopathogenic fungus *Beauveria* (*Cordyceps*) *bassiana* to substrata. *Applied and environmental microbiology*, 71(9), 5260-5266.

ICA. (2011). *Manejo de Problemas Fitosanitarios del cultivo de Gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Recuperado de:

<https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Manejo%20de%20problemas%20fitosanitarios%20del%20cultivo%20de%20gulupa.%20Medidas%20para%20la%20temporada%20invernal..pdf>

INCONTEC. (2017). Norma Técnica Colombiana, NYC 4422-2. *Bioinsumos para uso agrícola. Agentes Biológicos para el control de plagas y enfermedades. Parte 2: Requisitos*.

Recuperado de: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4422-2.pdf>

Inglis, G., Goettel, M., Butt, T. & Strasser, H. (2001). *Use of Hyphomycetous Fungi for Managing Insect Pests*, pp. 23- 69. En: *Fungi as Biocontrol Agents*. T.M. Butt, C. Jackson and N. Magan (Ed). ©CAB International. Recuperado de:

<https://www.cabi.org/isc/fulltextpdf/2001/20013125209.pdf>

Iraola, V. (2001). Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. *Bol.*

S.E.A, (28), 141-146. Recuperado de: http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_28/B28-037-141.pdf

Jiménez, Y., Carranza, C. & Rodríguez, M. (2009). *Manejo integrado del cultivo de gulupa*

(*Passiflora edulis Sims.*). En: *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas*

en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Casierra, F.; Piedrahíta, W.; Flórez, L. E. (Eds). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. pp 45 - 68.

Jiménez, Y., Carranza, C. & Rodríguez, M. (2009). *Gulupa (Passiflora edulis Sims.)*. En: Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Gerhard Fischer. (Ed). Produmedios, Bogotá. pp 579-599

Kolander, T., Bienapfl, J., Kurley, J. & Malvick, D. (2012). Symptomatic and Asymptomatic Host Range of *Fusarium virguliforme*, the Causal Agent of Soybean Sudden Death Syndrome. *Plant Disease*, 96(8), 1148-1153. Doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-11-0685-RE>

Konica Minolta. (2009). *Chlorophyll meter, SPAD-502 plus*. Recuperado de: https://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/spad502plus_catalog_eng.pdf

Laredo, E., Martínez, J., Iliná, A., Guillen, L. & Hernández, F. (2017). Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 673-683. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000300673

Lei, X., Zhao, J., Liu, H., Zhang, J., Liang, W., Tian, J. & Long, Y. (2019). Inversion of Chlorophyll Content and SPAD Value of Vegetable Leaves Based on PROSPECT Model. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 39(10), 3256-3260. Doi: 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)10-3256-05

Liu, Z. Y., Milner, R. J., McRae, C. F. y Lutton, G. G. (1993) 'The use of Dodine in selective media for the isolation of *Metarhizium* spp. from soil'. *Journal of Invertebrate Pathology*, 62: 248–251

Lizarazo, K., Hurtado, S., Mendoza, J. & Moreno, D. (2019). Implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) en frutales tropicales de Pasca, Cundinamarca (Colombia): gulupa (*Passiflora edulis* Sims F. *edulis*), curuba (*Passiflora tripartita* Kunth var. *mollissima*), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). En: Gulupa (*Passiflora edulis*), curuba (*Passiflora tripartita*), aguacate (*Persea americana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) Innovaciones. Luz Marina Melgarejo (Ed). Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. Pp 251-281

Lozano, J. H. (2008). *Municipio de Arbeláez. Plan de desarrollo municipal, 2008-2011, Arbeláez viable, compromiso de todos*. Recuperado de:
<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20plan%20de%20desarrollo%20-%20arbelaez%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-%202011.pdf>

Lushchak, V. (2011). Adaptative response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comparative Biochemistry and Physiology part C: Toxicology & Pharmacology*. 153(2), 175-190. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.10.004>

Malpartida, J., Narrea, M. & Dale, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología aplicada*, 12(2), 75-81. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v12n2/a02v12n2>

- Marín, J., Hoyos, L. & Botero, V. (2018). Detección de plantas asintomáticas de *Solanum Lycopersicum L.* infectadas con *Fusarium oxysporum* usando espectroscopia de reflectancia VIS. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 436-446. Doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7293>
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385-408. Recuperado de: <http://sea-entomologia.org/PDF/GeneralInsectorum/GE-0056.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Cadena de Pasifloras. Indicadores e instrumentos*. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C, Magnitskiy, S, Casierra, F., Piedrahita, W. & Florez, L. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/259346111_Cultivo_poscosecha_y_comercializacion_de_las_pasifloraceas_en_Colombia_maracuya_granadilla_gulupa_y_curuba/links/55e0d5b108aeb1a7cc58e7b/Cultivo-poscosecha-y-comercializacion-de-las-pasifloraceas-en-Colombia-maracuya-granadilla-gulupa-y-curuba.pdf
- Mora, J. & Rodriguez, Y. (2020). *Plan de Desarrollo Un Cambio Con Sentido Social 2020-2023*. Recuperado de: https://pascacundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/pascacundinamarca/content/files/000458/22852_plan-de-desarrollo-20202023docx.pdf

- Morgan, G., Blanco, J. & Rodriguez, R. (1984). Phytonematode Pathology: Ultrastructural Studies. II. Parasitism of *Meloidogyne arenaria* Eggs and Larvae by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematropica*, 14(1), 57-71. Recuperado de: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/63829>
- Ocampo, J. & Wyckhuys, K. (2012). *Tecnología para el cultivo de la gulupa (Passiflora edulis f. edulis Sims) en Colombia*. Recuperado de: http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/cultivo_gulupa/files/assets/basic-html/page4.html
- Ocampo, J., Arias, J., Bonilla, M., Moreno, C., Molina, S., Manzano, M. & Hernández, L. (2013). *Cartillas Frutales. Maracuyá/Lulo*. Recuperado de: http://fedepasifloras.org/es/wp-content/uploads/2018/01/Cartilla_Maracuya-lulo_UNAL_2013.pdf
- Ortiz, E., Melgarejo, L.M., Marquinez, X. & Hoyos-Carvajal, L. (2014). Histopathological features of infections caused by *Fusarium oxysporum* and *F. solani* in purple passionfruit plants (*Passiflora edulis* Sims). *Summa Phytopathol., Botucato*, 40 (2), 134-140. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/sp/v40n2/v40n2a05.pdf>
- Ospina, C., Serna, F., Peñaranda, M. & Serna, S. (2003). Colémbolos asociados con cultivos de pastos en tres zonas de vida de Holdridge en Antioquia (Colombia). *Agronomía Colombiana* 21(3), 129-141. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180317974003.pdf>
- Palacios, J. & Mejía, B. (2007). *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos*. Recuperado de:

<https://www.researchgate.net/publication/286450706> TECNICAS DE COLECTA PRESERVACION Y MONTAJE DE MICROARTROPODOS

Pardo, L., Montoya, J. & Schoonhoven, A. (2003). Abundancia de chisas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de Caldono y Buenos Aires, Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(2), 177-183. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v29n2/v29n2a10.pdf>

Posada, F., Marín, P. & Pérez, M. (1998). Nota técnica. *Paecilomyces lilacinus*, enemigo natural de adultos de *Hypothenemus hampei*. *Cenicafe*, 49(1), 72-77. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Posada-Florez/publication/236124224_Paecilomyces_lilacinus_enemigo_natural_de_adultos_de_Hypothenemus_hampeii/links/00b49516373bf00517000000/Paecilomyces-lilacinus-enemigo-natural-de-adultos-de-Hypothenemus-hampeii.pdf

Pérez, L.V.; Melgarejo, L.M. (2012). *Caracterización ecofisiológica de la gulupa (Passiflora edulis Sims) bajo tres condiciones ambientales en el departamento de Cundinamarca*. En: Ecofisiología del cultivo de la gulupa *Passiflora edulis Sims*. Luz Marina Melgarejo (Ed). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp.11 – 32.

Pérez, J., Ángel, M., Arteaga, A., Hernández, E & y Damián, A. 2013. Hongos entomopatógenos y extractos vegetales contra escama blanca (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en cultivo de mango en San Luis La Loma, municipio de Tecpan de Galeana, Gro., México. *Entomología Mexicana* 12(1):452- 455. Recuperado de:

<http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2013/CB/452-455.pdf>

Perkins. (s.f). *Metarhizium anisopliae*. Recuperado de:

<http://perkinsltda.com.co/services/metarhizium-anisopliae/>

Ramirez-Gil, J., Tamayo, P. & Morales, J. (2017). Identification and pathogenicity of microorganisms affecting purple passion fruit in Colombia. *Ceres, Viçosa*, 64(3), 250-257.

Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v64n3/2177-3491-rceres-64-03-00250.pdf>

Ribeira, A., Katz, I., Sousa, A. & MARTÍNEZ, R. (2015). Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *Idesia*, 33(2), 97-105. DOI: [http://dx.doi.org/10.4067/S0718-](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000200012)

[34292015000200012](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000200012)

Ribera, I., Melic, A. & Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista Ibero Diversidad Entomológica Accesible*, 2, 1-30. Recuperado de: [http://sea-](http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_2.pdf)

[entomologia.org/IDE@/revista_2.pdf](http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_2.pdf)

Roatta, J., Acosta, D. & Acosta, A. (1989). Muestreo poblacional de *Onychiurus armatus* tullberg (Collembola: Onychiuridae) en cultivos de clavel y crisantemo bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*, 6(1-2), 64-70. Recuperado de:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20998>

Roncero, M., Hera, C., Ruiz, M., García, F., Madrid, M., Caracuel, Z., Calero, F., Delgado, J., Roldán, R., Martínez, A., Velasco, C., Roa, J., Martín, M., Córdoba, D. & Di Prieto, A. (2003). Fusarium as a model for studying virulence in soil borne plant pathogens.

Physiological and Molecular Plant Pathology. 62, 87-98. DOI:

[https://doi.org/10.1016/S0885-5765\(03\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0885-5765(03)00043-2)

- Ross, H. (1982). *Introducción a la entomología general y aplicada*. Recuperado de:
<https://doku.pub/documents/introduccion-a-la-entomologia-general-y-aplicada-ross-herbert-h-oq1zxcg5xzz02>
- Selfa, J. & Anento, J. (1997). Plagas agrícolas y forestales. *Bol. SEA*, 20, 75-91. Recuperado de:
http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-006-075.pdf
- Soberanis, W.; A. Zapata; E. Torres; W. Montes; H. Gómez. (2007). Nueva tecnología de producción de hongos benéficos. *Resumen XIX Congreso Peruano de Fitopatología. Cajamarca, Perú*, 42 (2): 56 – 57. Recuperado de
http://www.geocities.ws/fitopatologiaalf/pdf/vol42/fitopatologiaN42-02_parte_uno.pdf
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v36n1/pyf01113.pdf>
- Sun, Q., Thomas, R. & Matthews, M. (2008). Wound-induced vascular occlusions in *Vitis vinifera* (vitaceae): tyloses in summer and gels in winter. *American Journal of Botany*.95(12): 1498-1505. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.0800061>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. 3th. Edition. Sinauer Associates (Estados Unidos). 675p. Recuperado de:
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/PlantPhysiologyTaiz2002.pdf>
- Takken, F. & Martijn, R. (2010). The arms race between tomato and *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*, 11(2), 309-314. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2009.00605.X
- Turlier, M., Eparvier, A. & Alabouvette, C. (1994). Early dynamic interactions between *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* and the roots of *Linus usitatissimum* as revealed by

transgenic GUS-marked hyphae. *Canadian Journal of Botany*, 72(11), 1605-1612, DOI: <https://doi.org/10.1139/b94-198>

Van der Plank, J. E. (1975). *Horizontal resistance: six suggested projects in relation to blast disease of rice. Horizontal resistant to blast disease in rice*, 21-26.

Villegas, B.; Ocampo, J. & Castillo, C.F. (2012). *Principales enfermedades en el cultivo de Gulupa y su manejo (Passiflora edulis f. edulis Sims)*. En: Tecnología para el Cultivo de Gulupa (Passiflora edulis f. edulis Sims) en Colombia. John Ocampo & Kris Wickhuys (Ed). Centro de Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. pp. 54 - 65.

Anexos

Anexo 1. Estadística

Test de Shapiro-Wilk

R version 4.0.1 (2020-06-06) -- "See Things Now"

Copyright (C) 2020 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98335, p-value = 0.05147

Test de Levene

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")

	Df	F value	Pr(>F)	
--	----	---------	--------	--

group	3	4.1807	0.007043	**
-------	---	--------	----------	----