

Valoración de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa,
(*Passiflora Edulis f.edulis sims*) como método alternativo para el control de *fusarium* en el
Municipio de Abejorral Antioquia.

ARLEY ARCILA ARCILA, DEICY CASTRO VALENCIA, GUILLERMO ALBERTO
GONZALEZ SALAZAR

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ECAPMA

AGRONOMIA

RIONEGRO

2018

Valoración de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa,
(*Passiflora Edulis f.edulis sims*) como método alternativo para el control de *fusarium* en el
Municipio de Abejorral Antioquia.

ARLEY ARCILA ARCILA, DEICY CASTRO VALENCIA, GUILLERMO ALBERTO
GONZALEZ SALAZAR

TRABAJO DE GRADO

ASESOR DEL PROYECTO
CATALINA MUÑOZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ECAPMA
AGRONOMIA
RIONEGRO
2019

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Escribe aquí la Ciudad y Fecha
de entrega)

Jurado

(día, mes, año) (Fecha

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por regalarnos la vida y habernos dado la oportunidad de terminar nuestros estudios.

A mi querida familia, a mi mamá, papá, por ser la columna vertebral de mi vida y brindarme su apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Institución que me dio la oportunidad de estudiar el pregrado.

A los asesores metodológico y temático por ser los Guías durante el desarrollo del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivo general:.....	11
2.2. Objetivos específicos:.....	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.1 Definición del problema:.....	12
4. JUSTIFICACIÓN.....	14
5. MARCO TEÓRICO	15
5.1 Generalidades de la gulupa.	15
5.1.1 Plagas y Enfermedades	16
5.1.1.2 Síntomas y manejo de la Marchitez vascular o fusariosis (<i>Fusarium oxysporum</i>):	18
5.1.1.3. Diferencias entre sintomatologías producidas por algunas enfermedades de la gulupa.....	21
5.1.1.4 Cepa <i>Streptomyces</i> como agente de biocontrol:	23
5.1.2 Análisis de suelos:	24
5.1.3. Buenas Prácticas Agrícolas	24
5.2. Entorno Económico:.....	28
5.2.3 Principales países de destino.....	29
5.4. Principales empresas exportadoras en Colombia	30
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
6.1 Recursos necesarios:	31
6.1.2 Metodología:	31
7. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	34
7.1. Aplicación y evaluación de la cepa <i>Streptomyces racemochromogenus</i> en campo:	34
8. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO ENTRE EL HONGO <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> Y LA CEPA <i>TREPTOMYCES RACEMOCHROMOGENUS</i> EN LABORATORIO.....	40
8.1 Procedimiento del laboratorio.....	40
9. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO EN CAMPO	43
10. RESULTADOS DE LABORATORIO	45

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	51
12. CONCLUSIONES	51
13. BIBLIOGRAFIA	53
14. ANEXOS.....	55
Anexo A: Primer análisis microbiológico de suelos.	55
Anexo B: segundo análisis microbiológico de suelos:	56
Anexo c: Video trabajo de campo:	57

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Diferencias entre sintomatologías producidas por las enfermedades de la gulu</i>	21
<i>Tabla 2. Principales países de destino de la gulu</i>	30
<i>Tabla 3. Recursos necesarios</i>	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1. Analdex, (2017), Informe de exportación de gulupa 2016. (USD FOB Miles)
..... 28

Ilustración 2. Analdex, (2017), Informe de exportación de gulupa 2016 (Toneladas netas).
.....29

RESUMEN

El presente proyecto aplicado tiene como finalidad, evaluar el comportamiento de la cepa *Streptomyces racemochromogenus*, en el cual se busca, identificar el efecto de control que pueda ejercer sobre el hongo *Fusarium oxysporum*, en la especie exótica Gulupa (*Passiflora Edulis f. edulis sims*).

Dicho trabajo se realizará en la Finca Los Asientos, ubicada en la vereda la Esperanza del Municipio de Abejorral Antioquia; la cual cuenta con un área de 32 Ha, de las cuales 2 Ha se encuentran sembradas en cultivo de gulupa (*Passiflora Edulis f. edulis sims*); este cultivo posee 6300 plantas con una densidad de siembra de 2.5mt entre plantas y 2.0 mts entre surcos, se cuenta con sistema de riego por goteo, por gravedad y con sistema de fumigación con estacionaria.

El cultivo se encuentra subdividido en 11 bloques, para los efectos de este estudio se tomarán dos de ellos, en el cual, se empleará la cepa *Streptomyces racemochromogenus* y se aplicará a todo el bloque para monitorear los resultados. Estos resultados se documentarán mediante diferentes análisis de suelos y la observación constante y directa por parte de los participantes del proyecto.

Palabras claves: Gulupa, Fumigación, Proyecto de investigación, *Fusarium oxysporum*, Cepa.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado pretende describir al lector el impacto que tiene la utilización de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa (*Passiflora Edulis f. edulis sims*), como método alternativo para el control del hongo *Fusarium oxysporum* en condiciones de cultivo tecnificado para la producción de futo calidad de exportación. En este sentido, el equipo investigativo realizará trabajos de campo que comprenden desde la aplicación y tratamiento de los cultivos a partir de la cepa, hasta la observación y análisis de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta como factor transversal la calidad y la inocuidad del producto.

No es un secreto que el sector de las passifloras ha sufrido altibajos importantes durante los últimos años debido al alto nivel de riesgo biológico al que están expuestas las especies que hacen parte de la familia, sin embargo, el tema ha evolucionado y se ha complicado más para los productores por las estrictas exigencias del mercado mundial frente a la utilización de agroquímicos y plaguicidas que no pueden superar los niveles de tolerancia que están definidos por la autoridad competente de cada país. Es por esto que cada día toma más relevancia el desarrollo e implementación de productos y procesos que sean sostenibles para los productores, en el sentido de que puedan cumplir con los estándares de calidad haciendo uso de agroinsumos eficaces e ino cuos para la sociedad.

Por otra parte, quien estudie este documento, podrá alimentar su conocimiento a partir del análisis de resultados y de las conclusiones que el equipo de trabajo presentará más adelante y podría además convertirse en un punto de partida para que otros profesionales en el tema que quieran profundizar en la utilización de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en los cultivos extensivos de gulupa y por qué no, descubrir nuevas aplicaciones.

De la misma manera, el trabajo aplicado servirá para que los productores de gulupa se enteren de la evolución de los cultivos objeto de la aplicación de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* y elaboren sus propias conclusiones, teniendo en cuenta los métodos aplicados, los conceptos estudiados y las evidencias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Evaluar la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*) como método alternativo para el control de *fusarium* en el Municipio de Abejorral Antioquia.

2. Objetivos específicos:

- Seleccionar el lote donde se realizará la evaluación de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*)
- Aplicar la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el lote seleccionado.
- Monitorear periódicamente el efecto de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*) afectado por *Fusarium oxysporum*
- Registrar mediante fotografías las novedades acontecidas durante el proceso de evaluación de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*), para evidenciar la evolución de las plantas que recibirán el tratamiento.
- Analizar en el laboratorio el antagonismo entre el hongo *fusarium oxysporum* y la cepa *Streptomyces racemochromogenus*, como prueba alternativa de las aplicaciones realizadas en campo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema:

En el departamento de Antioquia existe una gran oferta de productos agrícolas, esto gracias a la gran variedad de climas y condiciones agroecológicas; pese a estas ventajas no se cuenta con cultivos con un grado de tecnificación a tal punto que les permita llegar a mercados internacionales.

Según Carvajal (2014), En los últimos años el mercado de las passifloras ha incrementado gracias al descubrimiento de valores nutricionales y medicinales en esta especie; es así, como el cultivo de gulupa se ha posicionado y es altamente apetecido en el mercado europeo por su valor medicinal y demás propiedades como su sabor y textura. En respuesta a la alta demanda del fruto diferentes países han optado por aumentar el establecimiento de cultivos de gulupa en sus regiones. De acuerdo con la Cámara de Comercio de Bogotá (2015) para el año 2010 los principales países productores fueron China (16.800 ton), seguido de Hong Kong (176.553 ton), Indonesia (152.746 ton), Federación Rusa (127.987 ton) y países bajos (126.991), no obstante, Según el portal de RCN (2018) Colombia pasó a ser el mayor exportador de gulupa a nivel mundial para el año 2017. Por otro lado, el sector gulupero generó ingresos al país cercanos a los 25,8 millones de dólares y ocupando el cuarto lugar de los frutos exportados en el año 2017 según HSBNOTICIAS.COM (2018). Es así como en el departamento de Antioquia muchos productores han venido implementando proyectos productivos relacionados con este tipo de passiflora, debido a los promitentes resultados financieros y a la generación de empleo que beneficia a las distintas regiones del departamento.

Estando así las cosas, el lector asumiría que el establecimiento de un cultivo de gulupa es un negocio atractivo y seguro, sin embargo, cumplir con las exigencias de mercado internacional en temas de calidad e inocuidad de las frutas se ha convertido en todo un reto para los

productores del fruto, puesto que su manejo en cultivos extensivos demanda una alta inversión en activos y un conocimiento importante en temas como el manejo de plagas y enfermedades. La anterior situación ha generado la necesidad de profundizar en temas relacionados con la sanidad del cultivo, de tal manera que se encuentren los mecanismos que permitan solucionar problemas tan limitantes como lo es el *Fusarium oxysporum* en el cultivo de *passifloras*.

4. JUSTIFICACIÓN

Desde la antigüedad la agricultura ha empleado diversos recursos y métodos para mejorar día a día la productividad y la calidad en los productos agrícolas, a su vez también se ha tratado de disminuir la incidencia de plagas y proliferación de enfermedades que afectan de manera severa los cultivos.

Sin embargo, no todo ha tenido una repercusión positiva, ya que se utilizan formulas químicas (agroquímicos), que, si bien son efectivos para algunos patógenos en campo, tienen efectos colaterales que afectan el entorno natural, contaminándolo severamente, generando cíclicamente el uso de elementos cada vez más potentes y nocivos, no solo para la biodiversidad sino también para los seres vivos.

Es por esta razón, que el acceso de productos agrícolas a mercados internacionales es cada vez más restringido; en el caso de los mercados europeos, buscan cada vez alimentos más inocuos para su consumo, es allí donde radica la importancia de implementar productos agro biológicos para el manejo de plagas y enfermedades como lo es el *Fusarium oxysporum* en el cultivo de passifloras. De la misma manera toma sentido el desarrollo del presente trabajo, teniendo en cuenta que el objetivo principal comprende el ensayo y la verificación de un producto de origen biológico como lo es la cepa *Streptomyces racemochromogenus*.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades de la gulupa.

Según Montoya (2012) la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis sims*) es originaria del sur de Brasil y fue ampliamente distribuida durante el siglo 19 a otros países de América del Sur, el Caribe, Asia, África, India y Australia citado por (Nakasone, 1998).

Pertenece a la familia de las *pasifloráceas* (*Passifloraceae*), la cual incluye 630 especies en 18 géneros; siendo el género *Passiflora* el más importante con cerca de 530 especies en su mayoría nativas de América tropical. Es la tercera fruta de exportación en Colombia, después del banano y la uchuva, la cual se comercializa a través de exportadoras principalmente a países europeos entre los que se destaca Alemania (Montoya, 2012).

En Colombia, los cultivos de gulupa se encuentran ubicados entre los 1.800 y 2.400 msnm, si bien las mejores producciones se logran alrededor de la primera altitud. Según Montoya (2012), la producción de Gulupa se ha venido posicionando como uno de los principales cultivos de alta viabilidad para la exportación, sus características físicas y organolépticas le han dado un lugar preferencial en el mercado internacional. Conforme lo cita La Cámara de Comercio de Bogotá (2015), el cultivo de gulupa requiere suelos de textura liviana para su óptimo desarrollo; estos pueden franco arenosos a franco-arcillosos, con buen drenaje y profundidad efectiva entre 60 a 80 cm. La gulupa puede ser cultivada en terrenos con cualquier tipo de pendiente, considerando que este factor no es limitante para el desarrollo del cultivo (Ocampo & Posada, 2012).

Los principales Departamentos productores de Colombia son según la Cámara de Comercio de Bogotá (2015) son Antioquia con 2.324 toneladas para el año 2013, seguido de Cundinamarca con 1.815 ton, Boyacá con 851,5 ton, Tolima con 585 ton y Huila con 257,4 ton.

De acuerdo con las condiciones agroclimáticas del país la cosecha se inicia aproximadamente 9 meses después del trasplante y el ciclo productivo es de 3 y 4 años, con dos períodos anuales de alta producción, de unos 3 meses cada uno. Durante el primer año, cada planta produce de 4 a 5 kg de fruta, pero a partir del segundo año la producción promedio es de 10 kg por planta. Al inicio del cultivo hay pocos frutos maduros en la parte baja, pero a medida que la planta se desarrolla, la producción se extiende a lo largo de ella. (ICA, 2011)

5.1.1 Plagas y Enfermedades

Las passifloras en general son susceptibles a diversos tipos de plagas y enfermedades que afectan la producción, especialmente cuando lo que se busca es cumplir con los estándares internacionales de calidad para participar en el proceso de exportación. Según el ICA (2011) las plagas más comunes son:

- *Trips(Frankliniellasp.)*
Son insectos diminutos, de 0.5 a 2 mm de longitud, cuerpo alargado y extremo posterior agudo; tienen color amarillo pálido o café grisáceo, similar al envés de las hojas. Son considerados una de las plagas más limitantes de la gulupa. Se alimentan principalmente de estructuras florales y frutos. Se ubican en el envés de las hojas y llegan a causar deformaciones cuando éstas son jóvenes. (p.11)
- *Babosas (Milaxgagates)*
Es un molusco sin concha que se desarrolla en el suelo. Los huevos son blancos o amarillos y traslúcidos (de 4 a 5 mm). Son puestos en grupos de 20 a 100 y pegados con sustancia mucilaginosa en sitios húmedos, desperdicios, piedras o terrones de suelo. A los 20 días emergen las larvas que tienen forma y hábitos parecidos a los adultos. (p.12)
- *Chisa (Ancognatasp.)*

Es un cucarrón (coleóptero) muy común en zonas frías de Colombia, cuyas larvas y adultos se alimentan de las raíces de la gulupa y de otras plantas. (p.12)

- Gusano cosechero (*Agraulissp.*)

Las larvas de este insecto se alimentan del follaje de la gulupa, hasta acabarlo. Realizan ataques en grupos, ubicados con frecuencia en brotes y hojas jóvenes. (p.13)

- Mosca de las frutas (*Anastrephasp.*)

La hembra coloca sus huevos en la pulpa de los frutos y éstos se arrugan debido a que las larvas se alimentan de la pulpa y pueden ocasionar su caída; los botones florales sufren daños que llevan a abortos florales. Ésta es una de las plagas a las que hay que prestar mayor atención durante las épocas invernales, ya que la alta humedad del terreno facilita su presencia y ataque. (p.14)

De la misma manera existe un amplio grupo de enfermedades que demandan un especial cuidado en cultivos extensivos por su habilidad de propagación mediante hongos y bacterias. De acuerdo con el ICA (2011) las enfermedades que atacan este tipo de passiflora son:

- Roña o costra (*Cladosporiumcladosporioides, C. lycoperdinum*)

Es una enfermedad muy limitante para la gulupa, debido a que el hongo afecta tallos, hojas, flores y frutos. Inicialmente se presentan lesiones acuosas, las cuales después de romperse dan lugar a manchas circulares de bordes definidos. Cuando se presentan en frutos, el tejido toma aspecto corchoso, pero en hojas el tejido muerto se desprende de la lesión. La enfermedad se desarrolla con humedad relativa del 80% y temperatura entre 20 y 28°C, su ciclo es de apenas 7 días en frutos (Guerrero y Hoyos, 2011). (p.17)

- Mancha de aceite o bacteriosis (*Xanthomonasaxonopodis*)

Esta enfermedad es causada por la infección de la bacteria, principalmente en hojas, tallos y frutos. La infección puede ser localizada, causando lesiones pequeñas de aspecto acuoso tanto en hojas jóvenes como en frutos; pero si las condiciones ambientales son

favorables, especialmente la humedad relativa alta, las lesiones se desarrollan y se unen para formar las manchas de aspecto aceitoso. En las hojas, las manchas están rodeadas de halos cloróticos; en los frutos, son blandas dando lugar a pudriciones secundarias de color pardo. Las infecciones severas dan lugar a la caída de hojas y a la pérdida de la producción. (p.19)

- “Secadera” o pudrición café del tallo (*Haematonectria haematococca* = *Fusarium solani*)
Esta es una enfermedad que ha tomado gran importancia no solo en el cultivo de gulupa sino en el de otras passifloráceas como la granadilla, debido a que causa la muerte prematura de la planta. Los síntomas se reconocen por la presencia de manchas color café en la base del tallo, las cuales presentan ruptura del tejido y pudrición que avanza hacia el interior del tejido. Al mismo tiempo, la parte aérea de la planta presenta clorosis y marchitez severa; incluso puede romperse el tallo, ocasionando la muerte de la planta. (p.21)
- Marchitez vascular o fusariosis (*Fusarium oxysporum*).
Esta enfermedad es causada, porque el hongo infecta los haces vasculares de la planta causando su taponamiento; como consecuencia, inicialmente se presenta clorosis y luego marchitez gradual, caída de las hojas, arrugamiento de los frutos y, finalmente, la muerte de la planta.

El hongo generalmente sobrevive en el suelo y penetra por las raíces jóvenes debido a las heridas que causan los insectos, los nematodos y las herramientas. Cuando se completa el ciclo de la enfermedad, *Fusarium* forma sus esporas sobre el tejido muerto y de allí se dispersan fácilmente a corta distancia, por las aguas superficiales y las herramientas contaminadas; a mayor distancia, se dispersan a través de plántulas con suelo infectado. El hongo puede sobrevivir en el suelo por muchos años debido a que forma estructuras de resistencia conocidas como clamidosporas. (p.18-19)

5.1.1.2 Síntomas y manejo de la Marchitez vascular o fusariosis (*Fusarium oxysporum*):

Las características de la fusariosis conforme a lo descrito por Ortiz & Hoyos (2012) son: Los síntomas iniciales son retraso en el crecimiento y clorosis leve de algunas hojas, la cual progresa hacia un grado moderado. El patrón de la clorosis es uniforme en toda la hoja. Posteriormente algunas ramas muestran marchitez y decoloración de los haces vasculares, los cuales se tornan de un tono rojizo. La enfermedad progresa con clorosis severa y marchitez hacia otras ramas. Eventualmente se presenta un enrojecimiento unilateral en el tallo o ramas principales, el cual se torna más oscuro hacia el centro de la lesión. En estados avanzados, en las raíces se manifiesta decoloración vascular y necrosis; en cuello y tallo, coloración rojiza de haces vasculares y necrosis con patrón de avance hacia la médula, de la cual en ciertos casos surge micelio. En la parte aérea se presenta una marchitez generalizada y defoliación severa. En algunos casos, es posible apreciar la presencia de frutos con rugosidades en diferentes estados de madurez que permanecen adheridos a la planta. Finalmente, ocurre necrosis y muerte de las plantas.

Hecho el reconocimiento de los síntomas y después de consultar con el agrónomo del cultivo, el productor debe proceder a realizar varias actividades de manejo y control al cultivo, algunas de ellas están recomendadas por el ICA (2011):

- Ante todo se debe conocer la historia del terreno, de los cultivos que se han sembrado y de su estado fitosanitario.
- Adquirir las plántulas en viveros registrados ante el ICA, que garanticen su calidad sanitaria, así como la del suelo donde están sembradas.
- Hacer rotaciones de cultivos con especies distintas a pasifloráceas.
- Hacer monitoreo de enfermedades en forma permanente, para detectar en forma temprana las plantas enfermas.
- Erradicar las plantas enfermas, cuidando de no diseminar la infección durante el procedimiento. Las plantas deben ser destruidas mediante quema.
- Marcar y delimitar los focos donde se han erradicado plantas enfermas, para evitar la circulación de trabajadores.

- Desinfectar el suelo de los focos y dejar el sitio libre de vegetación.
- Incorporar al suelo agente de control biológico como *Trichoderma* y *Clonostachys*. Esta es una práctica recomendable, incluso si no se ha presentado la enfermedad. Debe hacerse bajo la orientación de un ingeniero agrónomo. (p.19)

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores se puede dar un buen manejo fitosanitario al cultivo, no obstante, el ICA (2011) advierte que “El manejo del marchitamiento vascular debe ser totalmente preventivo, pues cuando el patógeno ha sido introducido en un lote es muy difícil de erradicar, siendo necesario, en muchos casos, cambiar el cultivo”.(p.19)

5.1.1.3. Diferencias entre sintomatologías producidas por algunas enfermedades de la gulupa.

Tabla 1. Diferencias entre sintomatologías producidas por las enfermedades de la gulupa

ORGANO	ENFERMEDAD Y AGENTE CAUSAL			
	Marchitez vascular por <i>Fusarium</i> (<i>F. oxysporum</i>)	Pudrición del cuello (<i>F. solani</i>)	Mancha de aceite (<i>X. axonopodis</i> y <i>S. maltophilia</i>)	Agalla de la raíz. (<i>Meloidogyn esp.</i>)
Raíz	Retraso en el desarrollo, presencia de puntos necróticos.	Retraso en el desarrollo, necrosis en estados avanzados.	No hay daño.	Formación de agallas
Cuello	Coloración rojiza de haces vasculares. En estado avanzado necrosis que llega hasta el tallo, con eventual formación de esporodoquios.	Chancro que avanza desde la epidermis a la médula, en estado avanzado desarrollo de peritecios.	No hay daño.	No hay daño.

Tallo y Rama	Al corte transversal se aprecia decoloración con enrojecimiento de haces vasculares. Marchitez en ramas.	Al corte transversal usualmente no se aprecia decoloración vascular. Marchitez en ramas.	Al corte transversal no hay cambios en la coloración. En ramas procesos necróticos asociados a marchitez. Lesiones necróticas puntuales en tallos con halos aceitosos.	Al corte transversal no hay cambios en la coloración. En algunas ramas se aprecian procesos necróticos y marchitez.
Hojas	Clorosis ascendente con un patrón generalizado en la hoja. Defoliación.	Clorosis ascendente con un patrón generalizado en la hoja. Defoliación.	Manchas foliares o manchas necróticas con exudado aceitoso de bordes indefinidos, con halo aceitoso. Defoliación	Clorosis intervenal y textura coriácea. Defoliación.
frutos	Eventualmente presencia de frutos arrugados en diferente estado de maduración, que permanecen adheridos a la planta.	Eventualmente presencia de frutos arrugados en diferente estado de maduración, que permanecen adheridos a la planta.	Manchas aceitosas superficiales en fruto, dispersas y de bordes irregulares, en estado avanzado coleasen y presentan exudado aceitoso	Presentan menor tamaño. Arrugamiento o en épocas secas

Recuperado de Ortiz, E., & Hoyos, L. (2012). Descripción de la sintomatología asociada a fusariosis y comparación con otras enfermedades en gulupa (*Passiflora edulis* Sims .) en la región del Sumapaz. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 6(1), 110–116.

5.1.1.4 Cepa *Streptomyces* como agente de biocontrol:

De acuerdo con lo planteado por la Doctora en ciencias Biológicas Susana Amigot(2009): Los actinomicetos naturalmente se encuentran presentes en el suelo. Se ha comprobado que cepas de *Streptomyces*, aisladas del mismo ecosistema, son capaces de producir compuestos antibióticos que inhiben o reducen el desarrollo de patógenos de plantas (Kim y col., 1999; Ouchdouch, 2001) La familia Streptomycetaeae en sus orígenes (1943) estaba conformada por un solo género: *Streptomyces*. En 1997 fue incorporado un nuevo género: *Kitasatospora* y en 2003 se sumó a la familia el género *Streptoacidiphilus* (Kämpfer, 2006). Son bacterias BGP aerobias, con un contenido de (G+C) de $69 \pm 78\text{mol}\%$. Presentan hifas largas y ramificadas, con un diámetro de $0,5 - 2,0 \mu\text{m}$ que raramente fragmentan. El género *Streptomyces* presenta la característica de producir esporos en forma endógena, por segregación del protoplasma, en cuerpos cilíndricos u ovals. Las cadenas de esporos son generalmente espiraladas (Kämpfer, 2006). Son quimiorganotrofos, productores de catalasa y pueden reducir nitrato a nitrito. Muchos pueden degradar compuestos complejos como caseína, gelatina, hipoxatina, almidón y celulosa. Además pueden utilizar muchos compuestos orgánicos como única fuente de carbono para obtener energía y crecer. La temperatura óptima de desarrollo para muchas de sus especies está entre 25 y 35°C. El pH óptimo está entre 6,5 y 8,0 (Kämpfer, 2006). Las bacterias de género *Streptomyces* son muy abundantes en el suelo. Muchos miembros de esta familia prefieren los suelos neutros o alcalinos. Otros utilizan suelos ácidos como hábitat natural. Se los encuentra entre los principales productores de compuestos bioactivos y de enzimas extracelulares. Pueden liberar a su entorno enzimas que le permiten utilizar materiales orgánicos como algodón, lana, hidrocarburos y goma. Además pueden degradar polímeros naturales como lignina (Anderson y Wellington, 2001; Madigan, 2005; Kämpfer, 2006). (P.44)

5.1.2 Análisis de suelos:

El ingeniero Eloy Molina de la Universidad de Costa Rica define el análisis de suelos de la siguiente manera:

El análisis de suelos es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. Entre sus ventajas se destaca por ser un método rápido y de bajo costo, que le permite ser utilizado ampliamente por agricultores y empresas. La interpretación de los análisis se basa en estudios de correlación y calibración con la respuesta de las plantas a la aplicación de una cantidad dada del nutriente. El análisis de suelos está basado en la teoría de que existe un “nivel crítico” en relación al procedimiento analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutriente. Cuando el nivel de un nutriente se encuentra debajo o por encima del nivel crítico, el crecimiento de la planta se verá afectado en forma negativa o positiva según dicha concentración.

Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc, que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas.(Molina, n.d.)

5.1.3. Buenas Prácticas Agrícolas

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) 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 racionalizándolos 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. Las prácticas agrícolas deben ser coherentes con las condiciones reales de cada unidad productiva, el productor y el mercado, entre otros, y deben ser dinámicas, avanzando a la par con las innovaciones tecnológicas generadas para el sistema productivo. (Guerrero, Potosí, melgarejo, & Hoyos, 2012)

De acuerdo con Guerrero, Potosí, melgarejo, & Hoyos (2012), Las buenas prácticas Agrícolas se pueden cumplir bajo ciertos parámetros que se enumeran a continuación:

- Selección del sitio de producción: Para la correcta selección del sitio de producción las BPA sugieren una evaluación de riesgos generales en la etapa de planificación para identificar todos los aspectos que pueden afectar el proceso productivo. En esta evaluación se deben contemplar aspectos como las condiciones agroecológicas del sitio, el uso anterior y su historial, posibles problemas de erosión u otro tipo de problemas; así como la calidad y disponibilidad de agua para riego, actividades agrícolas adyacentes, impacto de plagas y enfermedades en la zona, vías de acceso adecuadas, orden público, disponibilidad de transporte, mano de obra e insumos.(p.124)
- Condiciones agroecológicas óptimas: Altitud: Entre 1.800 y 2.200 msnm; Temperatura: Entre 10 y 18° C; Humedad relativa (HR) debe oscilar entre el 60 y el 70%; Precipitación: Entre 2.000 a 2.500 mm de lluvia al año. (p.124-126)
- Material de propagación: La procedencia de la semilla es fundamental para cualquier cultivo, pues las plantas madres deben tener buena adaptación a las condiciones agroecológicas donde se establecerá el futuro cultivo, que pueda anticipar desde su genotipo una buena producción y rendimientos óptimos en campo, así como calidad del fruto y la posible tolerancia al ataque de plagas y enfermedades. La calidad agronómica en el material de siembra es un requisito indispensable, y concretamente para gulupa se refiere a plantas bien formadas en su copa y raíz sin que presente deformaciones en el sistema radical (conocidas como “cola de marrano”) y nematodos o problemas en el

cuello o corona causados por Fusarium, y sobre todo ser libres de problemas virales. (p.126)

- Establecimiento en campo, distancias de siembra y tutorado: Para el establecimiento de las plantas en campo se debe hacer la preparación del terreno; si el suelo no presenta mayores inconvenientes, es aconsejable hacer una preparación mínima, repicando únicamente el sitio donde quedará cada planta. Como la gulupa presenta un sistema radical superficial, no es necesario remover a profundidad el suelo. Con base en el resultado del análisis de fertilidad del suelo, se deben incorporar las respectivas enmiendas como cal dolomita y roca fosfórica para corregir la acidez y el porcentaje de saturación de aluminio, así como deficiencias de Ca, Mg y P (Galindo y Gómez, 2010). (p.128)
- Podas: La gulupa, al igual que las demás passifloras que se cultivan en forma comercial, requiere de podas constantes para controlar su crecimiento, remover estructuras viejas y ramas improductivas, estimular la producción de nuevas ramas productivas y tener una arquitectura que permita el uso óptimo por parte de la planta de factores como la radiación fotosintéticamente activa, de importancia para sus procesos fisiológicos. (p.129)
- Riego: La mayoría de cultivos de gulupa dependen de la precipitación para suplir sus requerimientos hídricos. Al emplear sistemas de riego se deben calcular las necesidades de agua del cultivo, basados en datos de precipitación de la zona, evapotranspiración, drenaje, estructura y porcentaje de humedad en el suelo (Global GAP, 2011). Los sistemas de riego por goteo pueden ser eficientes para suministrar los requerimientos de agua en etapas iniciales de crecimiento, floración, llenado de fruto, fructificación y en etapas sucesivas cuando se realizan las podas de producción. (p.131)
- Nutrición: El efecto del manejo de la nutrición en plantas puede variar entre regiones, especies y cultivares (Monselise y Goren, 1987), pero es decisiva en la calidad de frutales tropicales; por ejemplo, aplicaciones de N y su combinación con P y K mejoran el sabor de la pulpa y aumentan el rendimiento, el peso de los frutos, el color, la firmeza, el contenido de vitamina C y los carotenoides (Radi et al., 2003; Heiberg, 2002; Racsco et al., 2005). El N en aplicaciones elevadas puede disminuir la firmeza (Tomala, 1999). Otros elementos como Ca la incrementan, reduciendo el daño poscosecha (Castellano et

al., 2006). Igualmente, el B, Cu, Fe y Zn influyen en la calidad de los frutos (Torres et al., 2009). (p.132)

- Manejo integrado de plagas y enfermedades: La versión 4,0 de la norma Global GAP hace especial énfasis en el manejo integrado de plagas (MIP), el cual es definido como la “Cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles de control de plagas y una integración posterior de las medidas adecuadas para evitar su proliferación, manteniendo el uso de plaguicidas y otros tipos de intervención en niveles económicamente justificables para reducir o minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. el MIP hace énfasis en la producción de un cultivo sano con la mínima alteración posible de los ecosistemas agrícolas y fomenta el uso de mecanismos naturales de control de plagas” (Global GAP, 2011b). (p.135)
- Principales problemas fitosanitarios: La expansión del área cultivada de gulupa y el interés que ha despertado entre productores y consumidores han llevado a realizar observaciones sobre los diferentes patógenos y plagas que atacan este cultivo, dentro de los cuales se encuentran la secadera, virosis, bacteriosis, roña, nematodos, trips, ácaros y mosca del ovario, entre otros.(p.137)
- Cultivo protegido: Debido a los serios problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de gulupa en la mayoría de las zonas productoras como consecuencia de la alta y constante humedad relativa y precipitación, los productores por iniciativa propia en varias regiones del país han optado por cultivar la gulupa bajo techo, instalando coberturas plásticas con el fin de cubrir las plantas y evitar que el follaje permanezca húmedo y que el agua sirva como medio de dispersión de los diferentes agentes causales de enfermedades. (p.139)

5.2. Entorno Económico:

De acuerdo con ANALDEX (2017) en 2016, la gulupa fue la cuarta fruta más exportada por el país. Los envíos al exterior crecieron tanto en volumen como en valor. El crecimiento del valor exportado fue de 18,2% al pasar de USD FOB 21,2 millones en 2015 a USD FOB 25,1 millones en 2016. Por peso, las exportaciones registraron un crecimiento de 16,9% al pasar de 5.447 toneladas en 2015 a 6.367 toneladas en 2016.

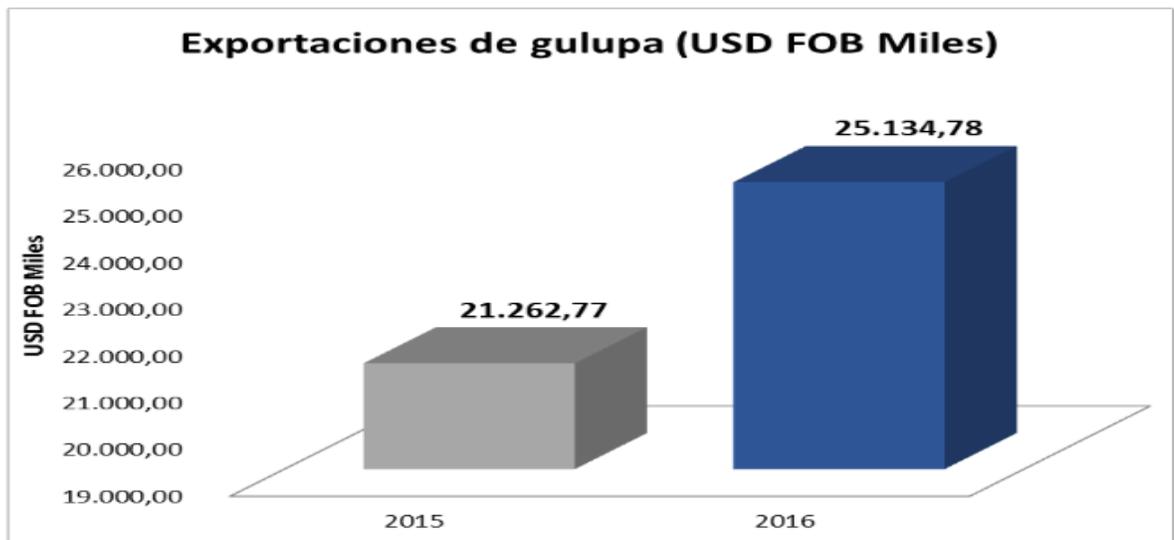


Ilustración 1. Analdex, (2017), Informe de exportación de gulupa 2016. Recuperado de: <http://www.analdex.org/wp-content/uploads/2016/02/2017-03-03-Informe-de-exportaciones-de-gulupa-2016.pdf>

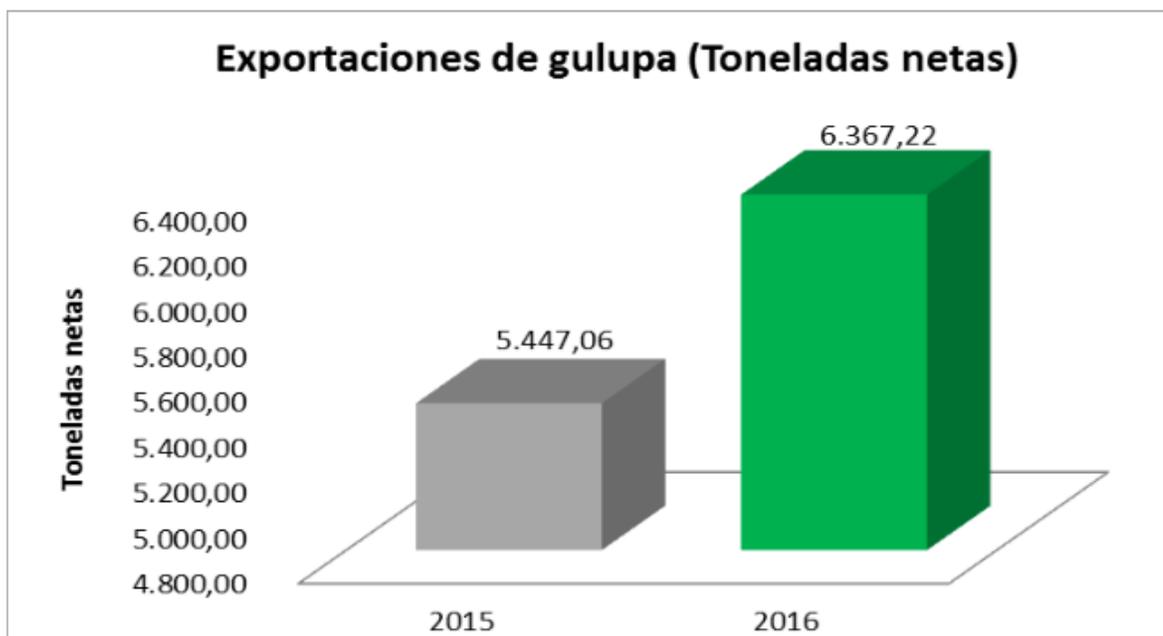


Ilustración 2. Analdex, (2017), Informe de exportación de gulupa 2016. Recuperado de: <http://www.analdex.org/wp-content/uploads/2016/02/2017-03-03-Informe-de-exportaciones-de-gulupa-2016.pdf>

5.2.3 Principales países de destino

Según ANALDEX (2017) Países bajos fue el principal destino de los envíos de gulupa, con una participación del 86,8% del total de la fruta exportada, por un valor de USD FOB 21,8 millones equivalente a 5.530 mil toneladas) en 2016, creciendo un 20,8% con respecto al valor exportado en 2015.

Tabla 2. Principales países de destino de la gulupa producida en Colombia en el año 2016.

País	Peso (Toneladas netas)			Valor FOB (USD Millones)			
	2015	2016	Var%	2015	2016	Var%	Part% 2016
PAÍSES BAJOS	4.627,14	5.529,90	19,5%	18,05	21,81	20,8%	86,8%
ALEMANIA	297,10	291,80	-1,8%	1,16	1,11	-4,2%	4,4%
BÉLGICA	285,48	218,42	-23,5%	1,03	0,85	-17,2%	3,4%
REINO UNIDO	68,30	97,82	43,2%	0,28	0,40	42,6%	1,6%
CANADÁ	48,54	61,37	26,4%	0,30	0,33	10,7%	1,3%
ITALIA	29,26	51,07	74,5%	0,13	0,22	73,7%	0,9%
FRANCIA	65,55	33,48	-48,9%	0,21	0,11	-46,3%	0,45%
ESPAÑA	9,25	26,89	190,8%	0,04	0,10	162,2%	0,42%
SUIZA	0,01	25,25	**	0,00	0,10	**	0,39%
Los demás	16,43	31,22	90,0%	0,07	0,10	50,8%	0,40%
Total	5.447,06	6.367,22	16,9%	21,26	25,13	18,2%	100,0%

Nota. Recuperado de: (Analdex, Asociación nacional de comercio exterior); Copyright 2017 por la Compañía Analdex. Reprinted with permission.

Principales empresas exportadoras en Colombia

En 2016 OCATI S.A. fue la principal empresa exportadora de gulupa, con una participación de 21,8% y un valor exportado de USD FOB 5,4 millones (equivalente a 1,3 mil toneladas); le sigue de cerca JARDIN EXOTICS S.A.S con un valor exportado de USD FOB 5,2 millones. Se destaca el crecimiento de los envíos de la mayoría de las empresas, especialmente el crecimiento de C I FRUTIREYES S.A.S (117,8%) y COLOMBIA PARADISE S.A.S (62,6%). (ANALDEX, 2017)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Recursos necesarios:

Tabla 3. Recursos necesarios

RECURSO	DESCRIPCIÓN
Equipo Humano	3 estudiantes de agronomía UNAD
Equipos y Software	Computador, cámara fotográfica, sistema de riego, cámara de flujo laminar
Viajes y Salidas de Campo	Visitas a el cultivo para hacer seguimiento
Materiales y suministros	Campo: Cepa <i>Streptomyces racemochromogenus</i> , caneca de 200 lts, balde, vaso dosificador, cuaderno, tabla, lapicero, calculadora, Maquina fumigadora estacionaria. Laboratorio: Agar PDA, cajas de Petri, estiletes, guantes, tapabocas, mecheros, cinta de enmascarar.

6.1.2 Metodología:

El trabajo aplicado en campo se construyó a partir de una investigación con enfoque cualitativo (Cortés & León, 2004), utilizando diferentes herramientas de recolección de datos como lo son las fotografías, los diarios de campo y los análisis microbiológicos de suelo. De la misma manera se realizó un trabajo investigación que permitiera al equipo de trabajo

contar con el criterio necesario para llevar a interpretar los resultados de las actividades propuestas.

El proyecto puede clasificarse dentro de la categoría de caso simple, diseño holístico (Ravez & Franco, 2011), pues el análisis está fundamentado en una sola unidad de estudio y un solo acontecimiento, el impacto de utilización de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*) como método alternativo para el control de *fusarium* en el Municipio de Abejorral Antioquia.

Para llevar a cabo la valoración de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en el cultivo de gulupa, (*Passiflora Edulis f.edulis sims*) se realizará acercamiento con el administrador de dicha explotación agrícola para establecer en cuáles de los lotes se llevará a cabo la evaluación del impacto de la cepa en las plantas.

La evaluación se hará de manera comparativa, entre dos lotes con características uniformes, con las mismas condiciones geográficas, número de plantas y edad de las mismas. Para el caso concreto se delimitarán lotes de 300 plantas cada uno, cuya edad al momento de tratamiento oscilaba entre los 20 y los 21 meses y cuya semilla se obtuvo de la misma fuente.

Para la selección de los bloques donde se efectuará el trabajo de campo, se realizará un diagnóstico general de todo el cultivo, para determinar así los dos bloques con mayor afectación por el hongo *Fusarium oxysporum*.

El tratamiento que se determinó para la plantación está compuesto por diferentes etapas, clasificadas entre aplicaciones de producto y actividades de monitoreo, las cuales se harán intercaladamente de forma semanal, es decir, si en la primera semana se hizo aplicación del producto en la segunda semana se realizará el monitoreo. Para las etapas de aplicación se utilizará un compuesto diseñado por el equipo de trabajo, cuyos componentes son 2 cm. de la Cepa *Streptomyces racemochromogenus* por un litro de agua, la cual se aplicará utilizando la técnica Drench con una dosis aproximada de 2 litros del compuesto por cada planta. En esta etapa se utilizará una máquina fumigadora estacionaria y el sistema de riego por goteo con el que cuenta el cultivo para la adecuada aplicación del producto.

Por otra parte, está la etapa de monitoreo que se realizará una semana posterior a la aplicación

del compuesto y se tomará registro fotográfico del cultivo de manera periódica y se demarcarán los bloques seleccionados, de tal forma que facilite la observación de la evolución de acuerdo al tratamiento.

Teniendo en cuenta la importancia de reducir la incertidumbre a la hora de determinar un resultado, el equipo de trabajo recolectará dos muestras de suelo en distintas etapas del trabajo de campo para llevarlas al laboratorio y analizar la presencia del hongo de manera comparativa. La primera muestra se extraerá una vez se determinen los lotes y la segunda cuando haya culminado el tratamiento.

7. DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolló durante la vigencia 2018, comenzando con la realización de varios análisis microbiológicos de suelo en distintos momentos en una línea de tiempo, posteriores a aplicaciones de la Cepa *Streptomyces racemochromogenus* Para evaluar posteriormente evolución de las condiciones del suelo y por consiguiente de las plantas del cultivo. Para evidenciar el progreso de las plantas de gulupa afectadas por el fusarium después de la aplicación, se tuvo que establecer un lote testigo en el que también observaron brotes de fusariosis. Este lote testigo no tuvo ningún tratamiento durante el proceso con la finalidad de establecer las diferencias que presentaron las plantas en el tiempo, en comparación con las que se le realizó tratamiento por medio de la cepa.

A continuación, en forma de bitácora se detallan las intervenciones realizadas por el equipo de trabajo en el desarrollo de los objetivos planteados, de manera tal que se cuente con la información necesaria para realizar un análisis de resultados enriquecedor y concreto. Las actividades realizadas se clasificaron por semanas, las cuales están comprendidas entre el 19 de marzo y el 30 de abril de 2018:

3. 7.1. Aplicación y evaluación de la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en campo:

Semana 1: primera aplicación

Fecha: 19 de marzo de 2018.

Actividad: Se seleccionó un lote comparativo al que nombramos “lote testigo”, el cual cuenta con 300 plantas, de las cuales 60 se encontraban infectadas por el hongo *Fusarium oxysporum*. Por otra parte se seleccionó un lote diferente con la misma cantidad de plantas (300) y con 40 de ellas infectadas por el hongo. Este lote fue nombrado “lote de tratamiento”. Adicionalmente el equipo de trabajo recolectó una muestra de suelo del lote de tratamiento, con el fin de someterla a un análisis microbacteriano de suelos.

Al lote de tratamiento se le realizó una aplicación del producto con las siguientes características:

Dosis: 2 cm de la cepa *Streptomyces racemochromogenus*/ litro de agua

Dosis por planta: 2 litros de la mezcla

Técnica utilizada: Aplicación en Drench



Ilustración 1: Extracción de muestra. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2: Preparación del compuesto. Fuente: Elaboración propia

Semana 2: primer monitoreo

Fecha: 26 de marzo de 2018

Actividad: Se realizó un recorrido por ambos lotes, detallando en cada planta la posible evolución inducida por la aplicación de la cepa, sin embargo, no se evidenció ningún cambio significativo en el estado fitosanitario de las plantas.



Ilustración 3: Plantas lote de tratamiento. Fuente elaboración propia



Ilustración 4: Plantas lote testigo Fuente elaboración propia

Semana 3: Segunda aplicación

Fecha: 3 de abril de 2018

Actividad: el equipo de trabajo aplicó por segunda vez la cepa en el lote de tratamiento

Dosis: 2 cm de la cepa *Streptomyces racemochromogenus*/ litro de agua

Dosis por planta: 2 litros de la mezcla

Técnica utilizada: Aplicación en Drench



Ilustración 5: Aplicación en drench Fuente elaboración propia



Ilustración 6: Segunda aplicación Fuente elaboración propia

Semana 4: Segundo monitoreo

Fecha: 9 de abril de 2018

Actividad: El equipo de trabajo verificó el estado del lote de tratamiento y se encontró que hubo reacciones positivas en los ápices y en las flores de las plantas. De las 40 plantas que se encontraban afectadas dentro del lote de tratamiento, 10 murieron y 30 se mantienen infectadas presentando una leve mejoría, es decir, el lote quedó con 290 plantas, 30 de ellas evidenciando los síntomas del hongo y el resto de ellas sanas y en crecimiento.

Por otra parte, en el lote testigo murieron 30 de las 60 plantas afectadas inicialmente y el hongo *Fusarium oxysporum* continuó expandiéndose con agresividad, infectando 50 plantas más, quedando este lote con 270 plantas, 80 de ellas infectadas.

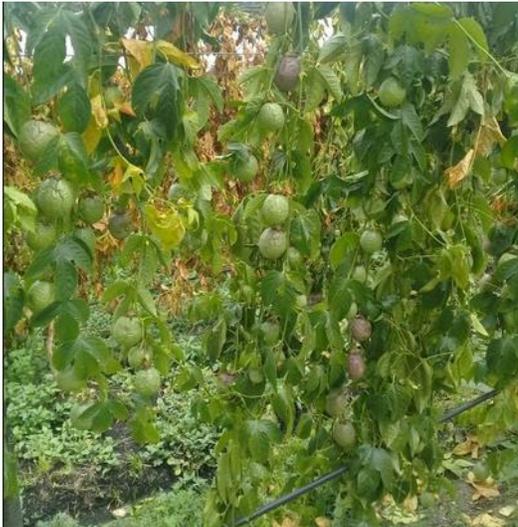


Ilustración 7: Plantas lote de tratamiento Fuente elaboración propia



Ilustración 8: Lote testigo Fuente elaboración propia

Semana 5: Tercera aplicación

Fecha: 18 de abril de 2018

Actividad: Actividad: el equipo de trabajo aplicó por tercera vez la cepa en el lote de tratamiento.

Dosis: 2 cm de la cepa *Streptomyces racemochromogenus*/ litro de agua

Dosis por planta: 2 litros de la mezcla

Técnica utilizada: Aplicación en Drench

Semana 6: Tercer monitoreo

Fecha: 23 de abril de 2018

Actividad: Se realizó el proceso de monitoreo en el lote testigo inicialmente, donde se encontró que habían muerto 60 plantas, las 30 restantes de las que estaban infectadas inicialmente y otras 30 que adquirieron el hongo posterior a la definición de los lotes. En esta semana el lote testigo quedó con 210 plantas, 20 infectadas desde la cuarta semana, 50 infectadas en la quinta semana y 140 plantas sanas y en crecimiento.

Para el lote de tratamiento se encontró que se redujeron las muertes en la plantación y la expansión del hongo se detuvo. En total 5 plantas sufrieron la muerte, 25 continúan infectadas y 260 siguen en crecimiento.



Ilustración 10: Lote tratamiento Fuente elaboración propia



Ilustración 11: Lote testigo Fuente elaboración propia

Semana 7: Cuarta aplicación

Fecha: 27 de abril de 2018

Actividad: Actividad: el equipo de trabajo aplicó por cuarta vez la cepa en el lote de tratamiento. Se adelanta esta aplicación puesto que los socios del cultivo decidieron erradicar el lote testigo en la primera semana de mayo para minimizar la proliferación del hongo.

Dosis: 2 cm de la cepa *Streptomyces racemochromogenus*/ litro de agua

Dosis por planta: 2 litros de la mezcla

Técnica utilizada: Aplicación en Drench

Semana 8: Cuarto monitoreo

Fecha: 30 de abril de 2018

Actividad: En el desarrollo del proceso de monitoreo se encontró que el lote de tratamiento presentó mejorías llamativas, las 25 plantas infectadas mostraron evolución en su estado fitosanitario y cesó la proliferación del hongo en las demás plantas del lote. Las otras 260 plantas continuaron en crecimiento y sin presentar síntomas de contagio del hongo.

Caso contrario sucedió en el lote testigo, donde el 80% de las plantas infectadas habían muerto, el 20% restante presentaba graves afectaciones y el *Fusarium oxysporum* continuó expandiéndose agresivamente. Esta situación provocó que los inversionistas del cultivo decidieran erradicar totalmente el lote, para contrarrestar la capacidad de aspersion que tiene el hongo.



Ilustración 12: Resultado lote tratamiento: Fuente Elaboración propia



Ilustración 13: Último monitoreo: Elaboración propia

8. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO ENTRE EL HONGO *FUSARIUM OXYSPORUM* Y LA CEPA *TREPTOMYCES RACEMOCHROMOGENUS* EN LABORATORIO.

Para el desarrollo del trabajo en el laboratorio, se obtuvo una muestra del hongo *Fusarium Oxysporum*, el 13 de octubre del 2018, aislado en el laboratorio de sanidad vegetal del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, proveniente de un cultivo de gulupa, afectado por el hongo, con el fin de realizar un montaje de cinco replicas, a las cuales se aplicó a diferentes concentraciones la bacteria *Streptomyces racemochromogenus*, para observar su interacción frente al hongo *Fusarium Oxysporum* y comparar con los resultados obtenidos en campo.



Ilustración 14: muestra del hongo *Fusarium Oxysporum* Fuente: Elaboración propia

8.1 Procedimiento del laboratorio

Se preparó un agar a base de PDA, (Papa Dextrosa Agar), medio muy utilizado para aislar todo tipo de hongos, posteriormente se procedió a replicar en cajas de Petri, el hongo *Fusarium Oxysporum* junto con la aplicación de la bacteria *Streptomyces racemochromogenus* a concentraciones basadas en las mediciones y aplicaciones echas en campo; (2ml / lt agua), para este caso la relación de la concentración de la bacteria fue de 0.5ml/250 ml agua para el tratamiento 1, 1ml/500ml agua para el tratamiento 2, 2.5ml/ 1250

ml agua para el tratamiento 3; adicional se realizaron dos aplicaciones de la bacteria sin diluir, a razón de 0.5 ml para el tratamiento 4 y 1.5ml para el tratamiento 5.



Ilustración 15: Procedimiento del laboratorio Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos se almacenaron en el laboratorio bajo condiciones de poca luz y a temperatura ambiente, los cuales se revisaron cada 2 días, durante tres semanas, observando su comportamiento e interacción para analizar y comparar con los resultados de campo.



Ilustración 16: tratamiento 1 Fuente: Elaboración propia

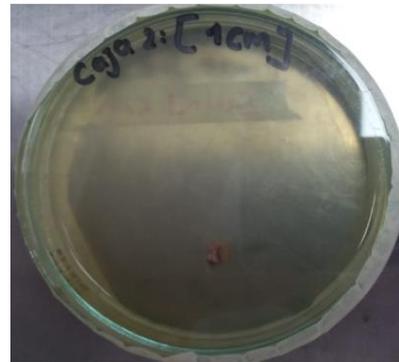


Ilustración 17: tratamiento 2 Fuente: Elaboración propia



Ilustración 18: tratamiento 3 Fuente: Elaboración propia Ilustración 19: tratamiento 4 Fuente: Elaboración propia

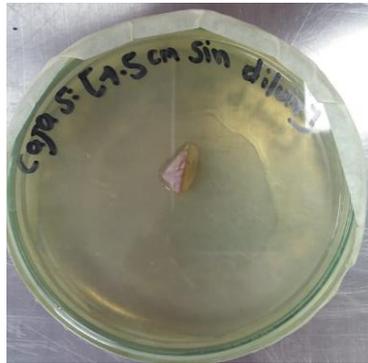


Ilustración 20: tratamiento 5 Fuente: Elaboración propia

9. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO EN CAMPO

El trabajo realizado en la finca los asientos en el municipio de Abejorral, permitió al equipo comprender a profundidad el comportamiento de los agentes biológicos en los suelos de los cultivos, así como también la importancia de la adecuada preparación del terreno y del buen manejo fitosanitario de los sembrados. De la misma manera, se pudo establecer que existen productos en el mercado que pueden ser de gran ayuda para los agricultores dedicados a las passifloras, tal como lo es la cepa *Streptomyces racemochromogenus*; puesto que es común escuchar de parte del gremio de productores que el hongo *Fusarium oxysporum* es una de las grandes barreras de entrada del negocio y causa de muchos fracasos agroindustriales.

Para entrar en materia, podríamos hacer una comparación en detalle de los síntomas percibidos en las plantas antes del tratamiento y después del tratamiento con la cepa, al igual que con el lote testigo y su evolución. En la primera semana de trabajo, durante el establecimiento de los lotes comparativos y la primera aplicación de la cepa, las plantas de ambos lotes se percibían en buen estado, con hojas verdes y tallos vigorosos, sin embargo, se detectó presencia de *Fusarium* en el 13% de las plantas del lote de tratamiento y en el 20% del lote testigo. Para la cuarta semana, cuando ya el lote de tratamiento había sido intervenido en dos ocasiones, se presentó muerte en el 25% de las plantas infectadas en este lote, mientras que en el lote testigo el perecimiento alcanzó un 50% de las plantas infectadas inicialmente.

El día 23 de abril de 2018 se realizó el tercer monitoreo, correspondiente a la sexta semana del cronograma, y se encontró que en el lote de tratamiento la proliferación del hongo se redujo considerablemente, tanto así que solo se encontraban infectadas 25 plantas de las 285 con las que contaba el lote, puesto que el 5% de las matas del lote habían muerto en días anteriores. De forma contraria se comportó el lote testigo, evidenciando la muerte de sus plantas en un 30% y presentando síntomas del hongo en plantas que estaban sanas hasta la inspección anterior.

Al finalizar el trabajo de campo se realizó una última evaluación, donde se determinó que el lote testigo estaba invadido gravemente por el hongo, causando la muerte en la mayoría

de plantas infectadas y expandiéndose con facilidad en las demás plantas del lote generando adormecimiento en las hojas de las plantas sanas, mientras que en el lote testigo se pudo evidenciar la efectividad de la cepa, puesto que la propagación se detuvo y las plantas afectadas mostraron evolución positiva mediante la reducción del marchitamiento de las hojas.



Ilustración 21: Plantas lote de tratamiento: Fuente Elaboración propia



Ilustración 22: Plantas lote testigo: Fuente Elaboración propia

10. RESULTADOS DE LABORATORIO

Luego de realizar la revisión de las cajas de Petri durante las 3 semanas propuestas para ello, se obtuvieron los siguientes resultados

Revisión 1 realizada el 18 de noviembre de 2018



Ilustración 23: Resultados de laboratorio. Fuente: Elaboración propia

Revisión 2 realizada 20 de noviembre de 2018

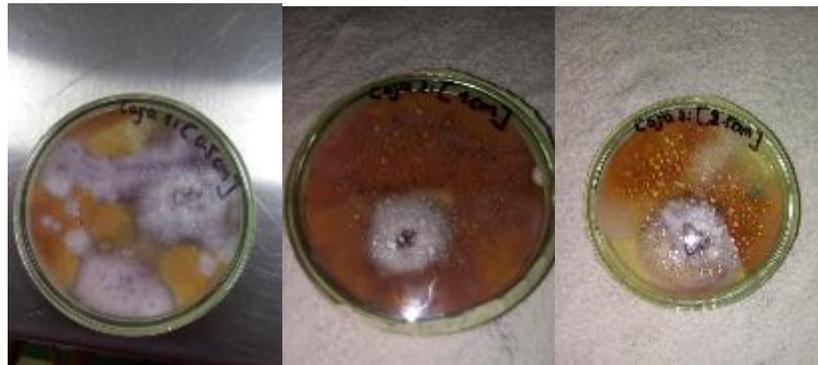


Ilustración 24: Resultados de laboratorio. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 25: Resultados de laboratorio. Fuente: Elaboración propia

Revisión 3 realizada el 23 de noviembre de 2018

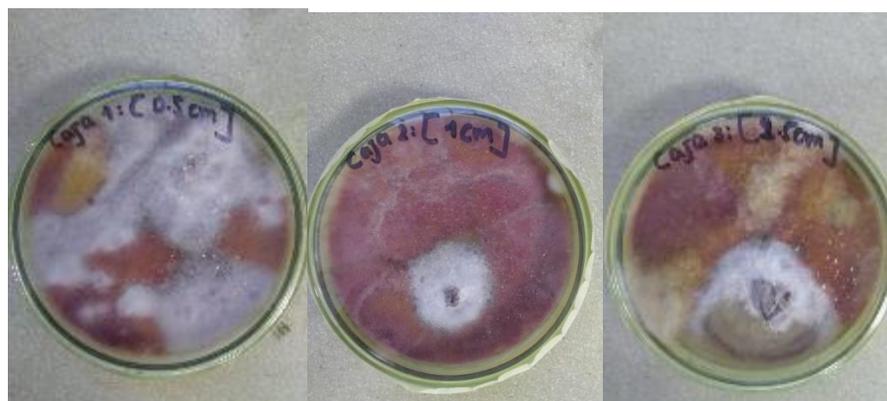


Ilustración 26: Resultados de laboratorio Fuente: Elaboración propia

Revisión 5 realizada el 30 de noviembre



Ilustración 27: Resultados de laboratorio Fuente: Elaboración propia

Revisión 4 realizada el 25 de noviembre de 2018



Ilustración 28: Resultados de laboratorio Fuente: Elaboración propia



Ilustración 29: Resultados de laboratorio Fuente: Elaboración propia

Para esta última revisión se contó con el acompañamiento de la tutora de la universidad Laura Casas y de la asesora del trabajo de grado Catalina Muñoz, por sugerencia de la tutora se realiza la revisión por la parte trasera de las cajas de Petri para visualizar mejor el radio de acción de la cepa.

Caja # 1: En esta caja de Petri la concentración de la cepa



Ilustración 30: Resultados de laboratorio. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 31: Resultados de laboratorio. Fuente: Elaboración propia

(*Streptomyces racemochromogens*) fue de 0.5 cm. Es notorio que la concentración utilizada de acuerdo a la dilución, no tienen efecto positivo, ya que no alcanza a combatir el hongo.

Caja # 2: en esta caja de Petri, la concentración la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*) fue de 1 cm. Se evidencia que, si hubo respuesta positiva, sin embargo, se observa que la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*), no tuvo mayor efecto al controlar el hongo, ya que este busco la forma de reproducir y emitir las esporas.

Caja # 3: En esta caja de Petri la concentración de la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*) fue de 2.5cm. se observa que hubo respuesta positiva de la acción de la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*), hacia el hongo; así mismo se observa reproducción del hongo en otros puntos de las cajas Petri.

Caja #4: En esta caja Petri la concentración de la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*), fue de 0.5cm, sin diluir. Hubo una mayor respuesta de la cepa, hacia el hongo impidiendo su reproducción.

Caja # 5: En esta caja de petri la concentración de la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*), fue de 1.5 cm sin diluir, en esta caja se evidencia que el fusarium posee menos radio de acción lo que puede indicar que a mayor concentración de la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*), mayor control del hongo.

Cabe anotar que la cepa (*Streptomycesracemochromogenus*) utilizada para el procedimiento en el laboratorio, se reenvaso del producto original y el transporte pudo afectar la eficiencia que presenta la cepa, por lo tanto para tener mejores resultados en campo, evitar reenvasar el producto y una vez abierto el envase de la cepa, no se debe dejar por largo tiempo sin utilizar.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9
Seleccionar bloques	x								
Obtener la cepa	x								
Aplicación de cepa	x		x		X		X		
Monitoreo de aplicaciones	x	x		x		X		x	
Tabular información						X		x	
Análisis de resultados						X			x
Tomar fotografías (evidencia)	x	x	x	x	X	X	X	x	

12. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la experiencia adquirida, el hongo *Fusarium* es una enfermedad muy limitante en el cultivo de passifloras, puesto que invade los haces vasculares de la planta ocasionando marchitez o clorosis persistente, situación que puede ocasionar una pérdida económica importante, debido a que la recuperación de la planta es supremamente complicada.
- El tratamiento recomendado por el equipo de trabajo para combatir el hongo *Fusarium oxysporum*, es el tratamiento preventivo, aplicando repetidamente la cepa *Streptomyces racemochromogenus* en la etapa de preparación del terreno.
- Es importante incorporar agentes de control biológico en el suelo del cultivo, estos podrían ser entomopatógenos puesto que ayudan a inhibir la aparición de la enfermedad.
- El *Fusarium oxysporum* es un hongo que se contagia por el método de aspersión y es de tendencia agresiva, por lo que se recomienda establecer el cultivo de las passifloras bajo techo y en las condiciones de geológicas adecuadas.
- Luego de realizar el análisis cualitativo de las plantas sometidas al tratamiento mediante la aplicación de la cepa, se pudo establecer que presentaron una evolución positiva en la sanidad del cultivo en comparación con el lote testigo.
- la cepa *Streptomyces racemochromogenus* resulta efectiva en el tratamiento del hongo, no obstante, por el alto costo del producto y las cantidades necesarias para el cultivo, no resulta viable para los productores extensivos de la gulupa.

- De acuerdo con los análisis de suelo realizados a partir de las muestras del lote de tratamiento, se pudo concluir que en los dos resultados de análisis de suelo no se evidenció presencia de *fusarium oxysporum*; una de las causas es que en el suelo existe trichoderma, el cual inhibe el hongo fusarium, no obstante, la presencia del *fusarium oxysporum* se observa cualitativamente en las plantas enfermas.

13. BIBLIOGRAFIA

- Amigot, B. S. L., Basílico, J. C., & Fulgueira, D. C. L. (2009). *CONTROL BIOLÓGICO DE CEPAS DE Streptomyces*. Universidad Nacional del Litoral.
- ANALDEX. (2017). *Informe de exportaciones de gulupa 2016*. Retrieved from <http://www.analdex.org/wp-content/uploads/2016/02/2017-03-03-Informe-de-exportaciones-de-gulupa-2016.pdf>
- Bogotá, C. de C. de. (2015). Cámara de Comercio de Bogotá, 1–52.
- Carvajal, L. M., Turbay Ceballos, S. M., Álvarez, L. M., Rodríguez, A., Álvarez, M., Bonilla, K., ... Rodríguez, M. (2014). Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de passifloras del departamento del Huila. *Caldasia*, 36(1), 1–15. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n1.21243>
- Cortés, M. E. C., & León, M. I. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación Generalidades sobre Metodología de la Investigación. *Universidad Autónoma Del Carmen, Campeche*, (Primera Edición), 1–105. Retrieved from <http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/contenido2.pdf>
- Guerrero lópez, E., Potosí Guampe, C., marina melgarejo, L., & Hoyos Carvajal, L. (2012). MANEJO AGRONÓMICO DE GULUPA (*Passiflora edulis* Sims) EN EL MARCO DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA). Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/8547/16/09_Cap07.pdf
- HSBNOTICIAS.COM. (2018). Uchuva y gulupa las nuevas estrellas de la exportación colombiana | HSB Noticias. Retrieved from <http://hsbnoticias.com/noticias/economia/uchuva-y-gulupa-las-nuevas-estrellas-de-la-exportacion-colom-397073>
- ICA. (2011). Manejo de problemas fitosanitarios del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims), 32.
- Molina, E. (n.d.). Análisis de suelos y su interpretación. *Universidad de Costa Rica*, 1.
- Montoya Velosa, E. (2012). Evaluación del impacto económico de las principales enfermedades que afectan el cultivo de Gulupa (*passiflora edulis sims.*), 61. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/9840/>

- Noticias RCN. (2018). Colombia lidera producción mundial de gulupa, que podría sustituir cultivos ilícitos – CANAL NUESTRATELE. Retrieved from <https://www.canalnuestratele.com/noticias/colombia-lidera-produccion-mundial-de-gulupa-que-podria-sustituir-cultivos-ilicitos/>
- Ortiz, E., & Hoyos, L. (2012). Descripción de la sintomatología asociada a fusariosis y comparación con otras enfermedades en gulupa (*Passiflora edulis* Sims .) en la región del Sumapaz. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 6(1), 110–116.
- Ravez Gomez, E. D., & Franco Restrepo, J. G. (2011). *Casos Empresariales Colombianos*. Retrieved from http://aplicaciones.ceipa.edu.co/biblioteca/biblio_digital/virtualteca/libros/e-book_casos_empresariales.pdf

14. ANEXOS

Anexo A: Primer análisis microbiológico de suelos.



Rionegro, abril 03 de 2018

Señores.
FINCA LOS ASIENTOS
Vereda La Esperanza
Abejorral, Antioquia

Cordial Saludo,

Estamos enviando el resultado del análisis microbiológico en las muestras de suelo recibidas a través de la Señora DEICY CASTRO VALENCIA en marzo 12 de 2018:

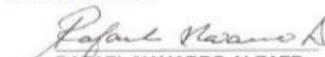
Muestra N°	Cultivo	Lote	Clase	1Crecimiento UFC por g. de Suelo	
				Bacterias	Hongos
108-1	Gulupa	1	Suelo	5.1 x10 ⁴ G ⁻ (100%)	3.0 x10 ³ <i>Aspergillus</i> sp.; <i>Trichoderma</i> sp.

OBSERVACIONES:

¹Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de bacterias, levaduras, hongos y/o otros en medio de cultivo nutritivo Papa Dextrosa Agar.

Cualquier información adicional con gusto la atenderemos en nuestro laboratorio.

Atentamente,


RAFAEL NAVARRO ALZATE
Rafael Navarro Alzate I.A. MSc
Fitopatólogo
Unidad de Sanidad Vegetal
Universidad Católica de Oriente
Elaboró Bertha Gaviria-Gutiérrez PhD



PBX: + (57) 569 90 90 Fax: + (57) 531 3972
A.A. Rionegro: 008 Medellín: 050956 www.uco.edu.co
Sector 3, Cra. 46 N°. 40B 50 Rionegro-Antioquia-Colombia

Anexo B: segundo análisis microbiológico de suelos:



Rionegro, mayo 25 de 2018

Señores.
FINCA LOS ASIENTOS
Vereda La Esperanza
Abejorral, Antioquia

Cordial saludo:

Estamos enviando el resultado del análisis microbiológico en las muestras de suelo recibidas a través de la Técnica Deisy Castro V. en mayo 04 de 2018:

Muestra N°	Cultivo	Variedad	Lote	Clase	¹Crecimiento UFC por g.de suelo	
					Bacterias	Hongos
196 1	Gulupa	Pasiflora	1	Suelo	4.8 x10 ⁴ G+ (2%) G- (98%)	1.0 x10 ³ <i>Aspergillus</i> sp

OBSERVACIONES:

¹Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de bacterias, levaduras, hongos y otros en medio de cultivo nutritivo Papa Dextrosa Agar.

Cualquier información adicional con gusto la atenderemos en nuestro laboratorio.

Atentamente,

RAFAEL NAVARRO ALZATE
Rafael Navarro Alzate I.A. MSc
Fitopatólogo
Unidad de Sanidad Vegetal.
Universidad Católica de Oriente
Elaboró Bertha Gaviria-Gutiérrez PhD



PBX: + (57) 569 90 90 Fax: + (57) 531 3972
A.A. Rionegro: 008 Medellín: 050956 www.uco.edu.co
Sector 3, Cra. 46 N°. 40B 50 Rionegro-Antioquia-Colombia

Anexo c: Video trabajo de campo:

<https://www.youtube.com/watch?v=NczGoAfbJ6Q&feature=youtu.be>