



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**COMPORTAMIENTO DE *Colletotrichum spp.* EN LA  
MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO  
CONDICIONES DE LABORATORIO, EN MILAGRO,  
ECUADOR**  
**TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de  
**INGENIERO AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR**  
**MARTÍNEZ VACA KAREN KATIUSCA**

**TUTOR**  
**MORÁN BAJAÑA JOAQUÍN TEODORO**

**MILAGRO – ECUADOR**

**2020-2021**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **PhD. MORÁN BAJAÑA JOAQUÍN TEODORO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “**COMPORTAMIENTO DE *Colletotrichum spp.* EN LA MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, EN MILAGRO, ECUADOR**”, realizado por la estudiante **MARTÍNEZ VACA KAREN KATIUSCA**; con cédula de identidad N° 0942190711 de la carrera **INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**, Facultad de Ciencias Agrarias de la Ciudad Universitaria “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

.....  
**PhD. Morán Bajaña Joaquín Teodoro**

Milagro, 18 de enero del 2022



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “**COMPORTAMIENTO DE *Colletotrichum spp.* EN LA MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, EN MILAGRO, ECUADOR**”, realizado por la estudiante **MARTÍNEZ VACA KAREN KATIUSCA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

.....  
**Dr. Freddy Arcos Ramos**  
**PRESIDENTE**

.....  
**Ing. Juan Martillo García**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

.....  
**Ing. Ing. César Peña Haro**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

.....  
**PhD. Joaquín Morán Bajaña**  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Milagro, 18 de enero del 2022

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a:

A mi familia en especial a mi madre quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi director de tesis, mi pareja y todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **Agradecimiento**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi madre por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Agraria del Ecuador.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Joaquín Morán Bajaña por la paciencia, sus conocimientos y su gran trayectoria y orientación para guiarme en el desarrollo de esta investigación y permitirme concluir con una etapa de mi vida.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, **MARTÍNEZ VACA KAREN KATIUSCA**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “**COMPORTAMIENTO DE *Colletotrichum spp.* EN LA MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, EN MILAGRO, ECUADOR**” para optar el título de **INGENIERA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 18 de enero del 2022

.....  
**MARTÍNEZ VACA KAREN KATIUSCA**  
**C.I.: 0942190711**

## Índice general

<b>PORTADA.....</b>	<b>1</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>2</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>4</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>5</b>
<b>Autorización de Autoría Intelectual .....</b>	<b>6</b>
<b>Índice general .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Antecedentes del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>    1.2.1 Planteamiento del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>    1.2.2 Formulación del problema .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 Justificación de la investigación .....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Delimitación de la investigación.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 Objetivo general.....</b>	<b>18</b>

1.6	Objetivos específicos .....	18
1.7	Hipótesis.....	18
2.	Marco teórico.....	19
2.1	Estado del arte.....	19
2.2	Bases teóricas .....	21
2.2.1	Hongos patógenos de las plantas .....	21
2.2.2	Taxonomía de <i>Colletotrichum spp.</i> .....	22
2.2.3	Etiología del <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	23
2.2.4	Antracnosis en cacao .....	24
2.2.5	Microorganismos antagónicos de <i>Colletotrichum spp.</i> .....	26
2.3	Marco legal.....	27
2.3.1	Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria .....	27
3.	Materiales y métodos.....	29
3.1	Enfoque de la investigación .....	29
3.1.1	Tipo de investigación.....	29
3.1.2	Diseño de investigación .....	29
3.2	Metodología .....	29
3.2.1	Variables .....	29
3.2.2	Tratamientos .....	29
3.2.3	Diseño experimental .....	30
3.2.4	Recolección de datos.....	31

3.2.5 Análisis estadístico .....	32
4 Resultados.....	33
4.1 Analizar el comportamiento del patógeno en la mazorca de cacao mediante contaminación inducida.....	33
4.2 Determinar el nivel de daño ocasionado por <i>Colletotrichum spp.</i> en la mazorca de cacao .....	34
4.3 Describir el comportamiento del patógeno bajo condiciones <i>in vitro</i> .....	36
5 Discusión.....	39
6 Conclusiones.....	42
7. Recomendaciones .....	43
8. Bibliografía .....	44
9. Anexos .....	51
9.1 Anexo 1. Análisis de la varianza del ancho micelar (cm) de las incisiones de <i>Colletotrichum spp.</i> en las mazorcas de cacao a los 3 días. 52	52
9.2 Anexo 2. Análisis de la varianza del ancho micelar (cm) de las incisiones de <i>Colletotrichum spp.</i> en las mazorcas de cacao a los 5 días .....	53
9.3 Anexo 3. Análisis de la varianza del largo micelar (cm) de las incisiones de <i>Colletotrichum spp.</i> en las mazorcas de cacao a los 3 días .....	54
9.4 Anexo 4. Análisis de la varianza del largo micelar (cm) de las incisiones de <i>Colletotrichum spp.</i> en las mazorcas de cacao a los 5 días .....	55
9.5 Anexo 5. Inoculación en medio PDA de las muestras de aguacate y banano infectadas con <i>Colletotrichum spp.</i> .....	56

<b>9.6 Anexo 6. Crecimiento radial del micelio de Colletotrichum spp. proveniente de las muestras de aguacate y banano.....</b>	<b>57</b>
<b>9.7 Anexo 7. Vista al microscopio de las conidias de Colletotrichum spp. con lente 40x y teñidas con azul de lactofenol Martínez, 2021.....</b>	<b>58</b>
<b>9.8 Anexo 8. Mazorcas de cacao con 8 incisiones infectadas con Colletotrichum spp.....</b>	<b>59</b>
<b>9.9 Anexo 9. Evaluando las dimensiones de los micelios de Colletotrichum spp. en las mazorcas de cacao Nacional Martínez, 2021.....</b>	<b>60</b>
<b>9.10 Anexo 10. Mazorcas de cacao CCN-51 con 2 y 4 incisiones infectadas con Colletotrichum spp. ....</b>	<b>61</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1. Medias del ancho micelar (cm) de los crecimientos de Colletotrichum sp. en las incisiones de las mazorcas de la variedad Nacional y CCN-51 .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 2. Medias del largo micelar (cm) de los crecimientos de Colletotrichum sp. en las incisiones de las mazorcas de la variedad Nacional y CCN-51 ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3. Porcentaje de daño ocasionado por Colletotrichum spp.. en las mazorcas de cacao .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 4. Diámetro (mm) radial del crecimiento del patógeno obtenido de aguacate y banano bajo condiciones in vitro en medio PDA.....</b>	<b>37</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1. Porcentaje del daño (%) causado por <i>Colletotrichum spp.</i> a partir de las primeras observaciones en las mazorcas de cacao Nacional y CCN-51</b> .....	<b>36</b>
<b>Figura 2. Porcentaje de daño ocasionado por <i>Colletotrichum spp.</i> según el número de incisiones en la mazorca y el tiempo de infección transcurrido</b>	<b>37</b>
<b>Figura 3. Tamaño del halo (mm) de los crecimientos de <i>Colletotrichum spp.</i> en las muestras recolectadas de aguacate (<i>Persea americana</i>) y banano (<i>Musa triploide AAA</i>) a las 24, 48, 120 y 168 horas de la inoculación en PDA</b> .....	<b>38</b>
<b>Figura 4. Tamaño del halo (mm) y la temperatura de incubación de los crecimientos de <i>Colletotrichum spp.</i> a las 24, 48, 120 y 168 horas de la inoculación en PDA.....</b>	<b>39</b>

## Resumen

El cacao ecuatoriano posee un potencial exportable por lo que es necesario tratamientos postcosecha alternativos, que resulten efectivos en el control de las enfermedades. Se planteó un estudio cuyo objetivo fue: Evaluar el comportamiento del patógeno *Colletotrichum spp.* bajo condiciones de laboratorio en la mazorca de cacao. La colecta del hongo se realizó a partir de frutos de aguacate y banano con signos de infección característicos de antracnosis y fueron inoculadas en medio PDA e incubadas a 20 y 30° C. Se plantearon cuatro tratamientos por cada variedad (Nacional y CCN-51), realizando 2, 4, 6 y 8 incisiones con un bisturí estéril en cada mazorca. Como inóculo se utilizó 10 µL de una dilución de  $1 \times 10^5$  conidios/mL. El test de Duncan, en el ancho micelar, no detectó significancia ( $p < 0.05$ ) entre las medias durante los 3 primeros días de haberse inoculado, contrariamente a los 5 días si se detectó significancia siendo el mayor valor (4.20 cm) el presentado por la variedad CCN-51 con 8 incisiones. Similar comportamiento presentó el largo micelar para las medias a los 3 y 5 días de haberse inoculado siendo el mayor valor la variedad Nacional con 2 incisiones. Se observó que a los 7 días de la inoculación del hongo en las mazorcas de la variedad Nacional con 8 incisiones alcanzaron el 90% de infección del área de la mazorca. Se concluye que el hongo *Colletotrichum spp.* presenta un cierto grado de agresividad en las mazorcas de la variedad Nacional. Se acepta la hipótesis “El hongo *Colletotrichum spp.* presenta una infección agresiva en la mazorca de cacao”.

Palabras claves: Antracnosis, ancho micelar, cacao Nacional, conidias, CCN-51.

### Abstract

Ecuadorian cocoa has exportable potential, which is why alternative post-harvest treatments are necessary, which are effective in controlling diseases. A study was proposed whose objective was: To evaluate the behavior of the pathogen *Colletotrichum spp.* under laboratory conditions on the cocoa pod. The fungus was collected from avocado and banana fruits with signs of infection characteristic of anthracnose and were inoculated in PDA medium and incubated at 20 and 30° C. Four treatments were proposed for each variety (National and CCN-51). making 2, 4, 6 and 8 incisions with a sterile scalpel on each ear. As inoculum, 10 µL of a dilution of  $1 \times 10^5$  conidia / mL was used. Duncan's test, in the micellar width, did not detect significance ( $p < 0.05$ ) between the means during the first 3 days after being inoculated, contrary to the 5 days if significance was detected, the highest value (4.20 cm) being the one presented by the CCN-51 variety with 8 incisions. Similar behavior showed the micellar length for the stockings 3 and 5 days after being inoculated, the highest value being the National variety with 2 incisions. It was observed that 7 days after the inoculation of the fungus in the ears of the National variety with 8 incisions reached 90% of infection of the area of the ear. It is concluded that the fungus *Colletotrichum spp.* It presents a certain degree of aggressiveness in the ears of the National variety. The hypothesis "The fungus *Colletotrichum spp.* presents an aggressive infection on the cocoa pod".

Keywords: Anthracnose, micellar width, National cocoa, conidia, CCN-51

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes del problema

El cacao (*Theobroma cacao*) es un fruto proveniente de Mesoamérica. La producción de este cultivo constituye una de las principales actividades agroexportadoras del Ecuador.

La Pepa de Oro como se conoce al cacao es la materia prima para la elaboración del chocolate en el mundo entero.

Se ha destacado que el cacao ecuatoriano aporta con el 50 % de la producción de cacao fino de aroma en el mundo, generando sólo en el año 2015, de acuerdo con ANECACAO, 260 mil toneladas que representan 812 millones de dólares en divisas para el país (Alcívar et al., 2019)

Los granos de cacao son apetecidos y comercializados desde los países productores (África, Asia y Sudamérica) a los procesadores de chocolate, allí entran en un proceso de evaluación de su calidad física, química y sensorial realizando el control de calidad de rutina (Chire et al., 2019).

Durante la etapa postcosecha es común la aparición de pudriciones si la fruta no es tratada adecuadamente en campo, cosecha y transporte. La principal enfermedad que suele afectar a este cultivo es la antracnosis, provocada por el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides* Penz .

Es importante emplear distintos procedimientos de manejo en el campo como en la postcosecha con el fin de evitar o reducir la enfermedad en los frutos para que estos arriben en óptimas condiciones al consumidor. El uso común han sido los fungicidas con el fin de combatir esta enfermedad, los cuales han mostrado diferentes grados de eficiencia en su control (Zamora, 2012).

En la actualidad ha surgido la necesidad de buscar alternativas al uso de fungicidas en postcosecha, debido a la presión de los diferentes mercados en que se comercializan los productos frescos en donde se busca que estos se encuentren libres de residuos de plaguicidas. Una de ellas consiste en el uso de sustancias GRAS (Generally Regarded As Safe), las cuales han sido empleadas de forma común en la industria alimentaria para 3 preservar la integridad de los productos almacenados y recientemente han sido probados para el control de enfermedades postcosecha en diferentes frutas.

El cacao ecuatoriano tiene potencial para aumentar su exportación hacia nuevos mercados, para lo que es necesario la búsqueda de tratamientos postcosecha alternativos e innovadores, que resulten efectivos en el control de las enfermedades y al mismo tiempo se ajusten a las necesidades y condiciones del sector exportador. Además, estos no deben poner en riesgo la salud de los futuros consumidores o generar un detrimento en el medio ambiente.

El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento de un hongo presente en las mazorcas como es el *Colletotrichum spp.* bajo condiciones de laboratorio.

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

El cacao, cuyos granos son apetecidos a nivel mundial porque son la base de elaboración del chocolate y otros derivados de gran demanda. La producción de cacao es la actividad a la que se dedican numerosas familias en el Ecuador. Los hongos fitopatógenos son una limitante en las características sensoriales de la mazorca del cacao y pueden afectar a toda una plantación poniendo en riesgo su productividad. La antracnosis es una enfermedad que afecta a muchos frutos y se

asocia al hongo en fase anamorfa *Colletotrichum spp.* como su agente causal. Se hace necesario conocer el comportamiento de este microorganismo a nivel de laboratorio y su efecto en los dos materiales de cacao más recurrentes en el agro ecuatoriano por lo que se ha planteado el siguiente problema que a continuación se detalla.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Se puede evaluar el comportamiento del *Colletotrichum sp.p* bajo condiciones de laboratorio para conocer su forma de infectar la mazorca de cacao?

### **1.3 Justificación de la investigación**

El cacao constituye, desde la época colonial, un cultivo tradicional siendo la principal fuente de trabajo agrícola, y único medio de ingresos de muchas familias. La pepa de oro, ha contribuido entre el 2002 y el 2011 al Producto Interno Bruto PIB total con el 0.57 % y al PIB Agropecuario del 6.4 %. Esta actividad es la principal generadora de empleo y se ha estimado que más de 600 mil personas participan de manera directa en ella. Por su parte, la cadena productiva de esta fruta participa con más del 4 % de la Población Económicamente Activa (PEA) Nacional y el 12.5% de la PEA Agrícola, (Revista El Agro, como se citó en Morales, et al., 2018).

Bajo esta premisa, se justifica la investigación por cuanto se requería conocer la incidencia del hongo patógeno en esta fruta para lo cual se evaluó su comportamiento bajo condiciones de laboratorio.

#### 1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El trabajo investigativo se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Agraria del Ecuador, campus Ciudad Universitaria “Dr. Jacobo Bucaram O.” en Milagro.
- **Tiempo:** El tiempo de duración para el desarrollo del trabajo de titulación fue de cuatro meses desde mayo/2021 hasta agosto/2021.

#### 1.5 Objetivo general

Evaluar el comportamiento del patógeno *Colletotrichum spp.* bajo condiciones de laboratorio en la mazorca de cacao.

#### 1.6 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento del patógeno en la mazorca de cacao mediante contaminación inducida
- Determinar el nivel de daño ocasionado por *Colletotrichum spp.* en la mazorca de cacao
- Describir el comportamiento del patógeno bajo condiciones in vitro

#### 1.7 Hipótesis

El hongo *Colletotrichum spp.* presenta una infección agresiva en la mazorca de cacao.

El hongo *Colletotrichum spp.* no presenta una infección agresiva en la mazorca de cacao.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

Se evaluaron varios parámetros de crecimiento de *C. gloeosporioides* utilizando medios sólidos como el efecto de la concentración y composición del medio, la densidad y temperatura de los inóculos sobre la capacidad de carga de esporas y la condensación de microciclos. Este estudio concluyó que *C. gloeosporioides* crece bien en PDA (agar papa dextrosa) y CWA (agua de coco) que contienen cantidades adecuadas de carbohidratos, proteínas, minerales y lípidos (Kulshrestha, 2015).

En un estudio sobre los efectos de las condiciones de cultivo sobre la producción de sideróforos de *Pseudomonas aeruginosa* cepa FP6 y su efecto sobre la actividad de biocontrol frente a *C. gloeosporioides* y *R. solani* concluyeron que *P. aeruginosa* cepa FP6 inhibió *R. solani* en ausencia de  $\text{FeCl}_3$  en un 72,25 %, sugiriendo el antagonismo mediado por sideróforos, mientras que la cepa mostró un efecto inhibitorio contra *C. gloeosporioides* en presencia o ausencia de  $\text{FeCl}_3$ , que puede deberse a la producción de otros metabolitos antifúngicos (Shivakumar y Bakthavatchalu, 2016).

Velásquez, (2018), en un estudio realizado en el laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, en Perú, cuyos objetivos fueron determinar los síntomas de la enfermedad, caracterizar morfológica y biométricamente al patógeno, determinar la incidencia y severidad de la enfermedad en las plantas del vivero, reportaron una alta incidencia de antracnosis a nivel foliar e inflorescencia de *Dendrobium sp* y *Phalaenopsis sp*; con un nivel escalar E1 en hojas y E2 en flores. Los daños ocasionados a las flores posee un valor crítico por cuanto influye en el vigor, la

estética comercial y la la calidad de la planta con serias afectaciones económicas. En este estudio se identificó a la enfermedad como Antracnosis cuyo agente causal fue el hongo *Colletotrichum crassipes*. Los autores sentencian que *Colletotrichum sp* es un género importante de hongos que está formado por 39 especies que causan antracnosis o tizones en una amplia gama de cultivos.

Se analizó la patogenicidad de *C. gloeosporioides* empleando hojas desprendidas de plántulas de cacao mantenidas en un invernadero preparando para aquello una suspensión de  $10^6$  conidios / ml preparado a partir de un cultivo de 7 días de edad (crecido a 25 ° C). Las inoculaciones se realizaron depositando gotas de 30 µl en cuatro puntos equidistantes sobre las hojas. En el tratamiento de control, solo se utilizó agua destilada esterilizada. Las hojas se mantuvieron en una cámara húmeda durante 2 días a 25 ° C. A los 7 días se observaron lesiones deprimidas y necróticas en el 100% de las hojas inoculadas. No se observaron síntomas en el tratamiento de control. Se han reportado muchas especies de *Colletotrichum* en el cacao, pero ninguna con características genéticas similares a *C. aeschynomenes*. Se ha considerado que este es el primer informe de *C. aeschynomenes* que causa antracnosis en el cacao en el mundo (Nascimento *et al.*, 2019)

De acuerdo con Castro *et al.*, (2020) se evidenció que en la resistencia ontogénica (receptividad) en caucho como se había reportando anteriormente por varios autores opera también para *Colletotrichum spp.*

Este mismo autor destaca que en hojas jóvenes carentes de cutícula y lignina en la planta de caucho se observa una deformación generalizada de los tejidos por parte de los patógenos analizados y principalmente por *C. gloeosporioides* mientras que en las hojas adultas, con la cutícula y lignina desarrolladas, el daño

ocasionado por estos patógenos se encuentra limitado a las células epidermales; se sugiere que estos compuestos contribuyen a la expresión de la resistencia de las hojas de caucho.

El hongo *Colletotrichum spp.* es uno de los principales problemas del fruto de papayo, en México, sobretodo en postcosecha. Se ha reportado una nueva especie del hongo lo que impulsó a Rodríguez *et al.* (2021) a desarrollar una investigación realizada en el Campo Experimental Cotaxtla, en Veracruz para evaluar el efecto de los fungicidas sobre este patógeno encontrándose que los fungicidas azoxistrobina y trifloxystrobin son eficientes en *C. gloeosporioides* mientras que se encontró una marcada resistencia en a *C. capsici*, pero si una alta sensibilidad con prochloraz, ferbam y clorotalonil.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Hongos patógenos de las plantas**

Según Verdú (como se citó en Riera, 2015) las infecciones causadas por hongos en plantas ocasionan pérdidas en la producción y comercialización agrícola. Su actividad es mayor en invierno. Provocan grandes daños en los cultivos puesto que reducen su vigor disminuyendo el rendimiento de la planta.

Algunos reporte dan cuenta que las plantas han desarrollado algunos mecanismos de defensa, tales como la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Se ha explicado que estos compuestos cuentan con actividad antimicrobiana bastante eficiente por ejemplo se ha informado de respuesta antifúngica en hojas de algodón frente *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, reduciendo la producción de aflatoxina y el crecimiento de los micelios. Asimismo otros compuestos orgánicos volátiles mostraron actividad fungicida contra

*Monilinia laxa*, en cultivos post-cosecha de mango el 2-nonanona y timol reprimieron el desarrollo de *C. gloeosporioides* (Rivera *et al.*, 2017).

### **2.2.2 Taxonomía de *Colletotrichum* spp.**

Domínguez *et al.*, (2012) revela que los estudios de la taxonomía de *Colletotrichum* se han centrado principalmente en la identificación de las especies, y en la caracterización de sus propias subpoblaciones.

Las diferencias entre las especies de *Colletotrichum* responsables de muchas de las enfermedades en las plantas es de vital importancia para el desarrollo de estrategias y aplicación de controles efectivos (Freeman *et al.*, Photita *et al.*, 2005 como se citó en Domínguez *et al.*, 2012).

Los autores describen la taxonomía de *C. gloeosporioides* como a continuación se señala: Reino Fungi Subdivisión Deuteromycotina Clase Coelomycetes Orden Melanconiales Género *Colletotrichum* Especie *gloeosporioides*

Réblová *et al.*, (2011) manifiesta que *Colletotrichum* comprende el estado asexual (anamorfo) de *Glomerella* (teleomorfo), el cual pertenece al phylum Ascomycota, clase Hypocreomycetidae, orden Glomerellales, familia Glomerellaceae.

Glomerellaceae es una familia monotípica caracterizada por peritecios oscuros no estomáticos, ostiolos perifisados bien desarrollados, abundantes paráfisis de pared delgada. *Glomerella* inicialmente se ubicó en el orden Phylacorales, pero algunas de sus características son claramente distintas a la de otros miembros. *Colletotrichum* es un género confuso taxonómicamente, debido a que existe variación del nombre del género de acuerdo a su estado sexual; en el año 2012, los miembros de la Subcomisión Internacional de Taxonomía de *Colletotrichum* (ISTC) apoyaron el uso del término *Colletotrichum* sobre el de *Glomerella*

derivado de su mayor uso en ciencias aplicadas; lo que dio la expectativa de generar menores cambios taxonómicos en las especies de ese género (Zhang *et al.*, 2013).

La identidad de especies importantes de *Colletotrichum* aún requiere consideración y aunque, las técnicas moleculares y filogenéticas mejoran la precisión de los métodos morfológicos y bioquímicos tradicionales, se requiere un diagnóstico integral que brinde mayor robustez (Rojo *et al.*, 2017).

### **2.2.3 Etiología del *Colletotrichum gloeosporioides***

Se reportan diversos síntomas dependiendo de la planta a la cual afecte el *C. gloeosporioides* así se ha podido observar los síntomas en chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. *annuum*) en los frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) y mango (*Mangifera indica* L.); en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.); además se ha indicado que otras especies afectadas son banano (*Musa paradisiaca* L.), café (*Coffea arabica* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.), gandul (*Cajanus cajan* L. Mill sp.), fresa (*Fragaria vesca* L.), manzana (*Malus domestica* Borkh.), almendra (*Prunus dulcis* Mill.) y chirimoya (*Annona cherimola* Mill.); en plantas ornamentales como violetas (*Viola odorata* L.), orquídeas (orchidaceae) de los diferentes géneros y especies, lluvia de oro (*Cassia fistula* L.); otras plantas como soja (*Glycine max* (L.) Merr.), menta (*Menta piperita* L.), lenteja (*Lens culinaris* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Landeró *et al.*, 2016)

En la postcosecha, la principal enfermedad de los frutos de mango es la antracnosis causada por *C. gloeosporioides* (Penz); y se manifiesta con manchas pardas oscuras o negruzcas, las cuales se desarrollan y van formando otras más grandes con hendiduras (Ariza *et al.*, 2018).

También se ha señalado que los frutos infectados maduran prematuramente, se presenta una momificación de los fisiológicamente inmaduros, o bien, el patógeno queda latente en los frutos, y los síntomas aparecen durante el almacenamiento y mercadeo; sobre todo, en frutos en madurez de consumo (Alemu *et al.*, 2014).

La entrada del microorganismo se da a través de las heridas, pero esto puede ocurrir por medio de la cutícula y aberturas naturales de la superficie del fruto. El hongo es diseminado por la lluvia y requiere de alta humedad para su desarrollo (Ariza *et al.*, 2018).

Los conidios germinan y forman tubos del germen polínico durante 3-8 horas a temperaturas de 20 °C a 30 °C, y este tiempo aumenta conforme reduce la temperatura (Ariza *et al.*, 2018).

#### **2.2.4 Antracnosis en cacao**

Tenorio, (2017), observó inhibición del crecimiento de *Colletotricum spp.*, ejercida por el extracto hidroalcohólico de tallos-hojas como del extracto hidroalcohólico de flores obtenidos de *Caiphora andina* desde del inicio de crecimiento y hasta el desarrollo micelial en la mazorca de cacao.

El patógeno *C. gloeosporioides* puede provocar pudriciones en el pedúnculo de la fruta. Las infecciones se dan a través heridas o grietas ubicadas entre la pulpa y el pedúnculo de la fruta. También se han reportado otros géneros asociados a esta enfermedad dentro de los cuales se mencionan Botryodiplodia, Phomopsis, Fusarium, Alternaria, Stemphylium, y Mycosphaerella. Estos pueden invadir a la fruta en forma individual o en diferentes combinaciones de patógenos (Álvarez y Nishijima, 1987). Sin embargo, se vincula a *C. gloeosporioides* y *P. caricae-*

*papayae* con severidades elevadas de daño peduncular al efectuarse inoculaciones en frutos de papaya (Camacho y Cervantes, 2017).

Martínez de la Parte y Pérez, (2015) exponen que el cacao o cacaotero (*T. cacao L.*) es un árbol perenne tropical, endémico de la región del Amazonas, que pertenece a la familia *Malvaceae*. Constituye una de las plantas de mayor cultivo y valor comercial en las regiones tropicales del mundo por ser su fruto base de procesamiento industrial para la obtención de diversos productos de confitería y de grasas en la industria de los cosméticos y de la medicina.

Según Delgado *et al.*, (2010) hace unos años un problema fitopatológico muy grave ocasionó la destrucción de grandes extensiones de cultivo, esta enfermedad es causada por un hongo “*Colletotrichum*” aunque en alguna etapa “*Colletotrichum acutatum*”, la sintomatología, se presenta con agresividad, en toda la planta, aunque es más evidente en el fruto, en esta investigación se caracterizó al patógeno incluso en las flores.

Estos mismos autores señalan que la identificación, del patógeno se basa en sus características morfológicas, especialmente características conidiales, presencia de setas, esclerocios y forma de los apresorios. Es posible mejorar su estudio taxonómico mediante el uso de pruebas moleculares y ADN ribosomal (Delgado *et al.*, 2010).

Gañán *et al.*, (2015) señala que la producción frutícola se ve limitada por problemas fitosanitarios que afectan los rendimientos productivos del cultivo en campo o causan importantes pérdidas después de la cosecha. Uno de estos problemas fitosanitarios es la antracnosis, causada por el hongo fitopatógeno *Colletotrichum spp.p.*, el cual puede afectar diversos tejidos de las plantas, como tallos, hojas, flores y frutos. El deterioro de los frutos después de la cosecha limita

la calidad de la fruta para exportación, con daños que varían desde pérdidas ligeras en calidad, con la consecuente reducción del precio de venta, hasta la pérdida total de las frutas.

Se ha declarado que el principal daño que ocasionan las infecciones por *Colletotrichum spp.* es la caída secundaria de las hojas, resultado de afecciones durante el proceso de formación del nuevo follaje, luego de la defoliación natural de árboles ya diferenciados (adultos) (Castro *et al.*, 2020).

La destrucción sistemática de las hojas nuevas por reinfecciones durante periodos húmedos debilita los árboles, producto de disminuciones sustanciales de la densidad foliar; las ramas terminales mueren, ocasionando el síntoma conocido como muerte descendente. Estos daños se reflejan en pérdidas de la producción de látex, aunque más importante, modifican la parsimonia de los procesos de defoliación natural anual de los clones comerciales, provocando la exposición de tejidos receptivos a la enfermedad durante las épocas húmedas (Castro *et al.*, 2020).

#### **2.2.5 Microorganismos antagónicos de *Colletotrichum spp.***

Algunos estudios han informado sobre la actividad antagónica de bacterias endófitas contra *Burkholderia glumae* y *Colletotrichum gloeosporioides*. Arrieta *et al.*, (2017) aislaron 56 morfotipos de bacterias de tejidos de raíz, tallo y hojas de *Lippia organoides* encontrando que algunas colonias invadieron los tejidos y los puntos de donde se tomaron de manera significativamente distinta realizando el control de las cepas de *B. glumae* y *C. gloeosporioides* hasta en un 86 %.

## 2.3 Marco legal

### 2.3.1 Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria

#### **TÍTULO I: Principios Generales**

Artículo 1. Finalidad.- Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente.

El régimen de la soberanía alimentaria se constituye por el conjunto de normas conexas, destinadas a establecer en forma soberana las políticas públicas agroalimentarias para fomentar la producción suficiente y la adecuada conservación, intercambio, transformación, comercialización y consumo de alimentos sanos, nutritivos, preferentemente provenientes de la pequeña, la micro, pequeña y mediana producción campesina, de las organizaciones económicas populares y de la pesca artesanal así como microempresa y artesanía; respetando y protegiendo la agro biodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión, sustentabilidad social y ambiental.

El Estado a través de los niveles de gobierno nacional y subnacionales implementará las políticas públicas referentes al régimen de soberanía alimentaria en función del Sistema Nacional de Competencias establecidas en la Constitución de la República y la Ley.

**Artículo 3. Deberes del Estado.-** Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución el Estado, deberá:

- a. Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace referencia a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales;
- b. Establecer incentivos a la utilización productiva de la tierra, desincentivos para la falta de aprovechamiento o acaparamiento de tierras productivas y otros mecanismos de redistribución de la tierra;
- c. Impulsar, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores para su participación en mejores condiciones en el proceso de producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos;
- d. Incentivar el consumo de alimentos sanos, nutritivos de origen agroecológico y orgánico, evitando en lo posible la expansión del monocultivo y la utilización de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, priorizando siempre el consumo alimenticio nacional;
- e. Adoptar políticas fiscales, tributarias, arancelarias y otras que protejan al sector agroalimentario nacional para evitar la dependencia en la provisión alimentaria; y,
- f. Promover la participación social y la deliberación pública en forma paritaria entre hombres y mujeres en la elaboración de leyes y en la formulación e implementación de políticas relativas a la soberanía alimentaria.

**TÍTULO III: Producción y Comercialización Agroalimentaria****CAPÍTULO I.- Fomento a la producción**

**Artículo 12. Principios generales del fomento.-** Los incentivos estatales estarán dirigidos a los pequeños y medianos productores, responderán a los principios de inclusión económica, social y territorial, solidaridad, equidad, interculturalidad, protección de los saberes ancestrales, imparcialidad, rendición de cuentas, equidad de género, no discriminación, sustentabilidad, temporalidad, justificación técnica, razonabilidad, definición de metas, evaluación periódica de sus resultados y viabilidad social, técnica y económica (Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria, 2008, p. 4).

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al planteamiento práctico del estudio se desarrolló en el laboratorio con un nivel de conocimiento exploratorio y descriptivo.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación según las necesidades del proyecto fue experimental.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

###### 3.2.1.1 Variable independiente

Muestras de cacao

###### 3.2.1.2 Variable dependiente

Crecimiento fúngico

Diámetro miceliar

##### 3.2.2 Tratamientos

La colecta del hongo se realizó a partir de frutos de aguacate y banano maduros con signos de infección característicos de antracnosis. Estas muestras de tejido de las frutas fueron inoculadas en medio Potato Dextrosa Agar PDA e incubadas a las temperaturas como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1. Modelo de incubación de las muestras de aguacate y banano enfermas con antracnosis causada por *Colletotrichum spp.***

Temperatura de incubación	Frutas de origen	Combinación
20 °C	Aguacate	20 °C en Aguacate
30 °C	Aguacate	30 °C en Aguacate
20 °C	Banano	20 °C en banano
30 °C	Banano	30 °C en banano

Martínez, 2021

**Tabla 4. Distribución de los tratamientos de medición de la patogenicidad de *Colletotrichum spp.* en mazorcas de cacao**

Tratamientos	Factor A Variedades de cacao	Factor B Incisiones
1	Nacional	2
2	Nacional	4
3	Nacional	6
4	Nacional	8
5	CCN51	2
6	CCN51	4
7	CCN51	6
8	CCN51	8

Martínez, 2021

### 3.2.3 Diseño experimental

En el presente estudio se plantearon dos eventos:

#### 3.2.3.1 *Colecta e incubación del hongo patógeno*

Se tomó los datos (expresados en cm) del diámetro radial de la colonia en el medio PDA.

#### 3.2.3.2 *Prueba de patogenicidad*

Se plantearon cuatro tratamientos más un testigo por cada variedad (Nacional y CCN-51), realizando 2, 4, 6 y 8 incisiones con un bisturí estéril en cada mazorca. Como inóculo se utilizó 10  $\mu$ L de una dilución de  $1 \times 10^5$  conidios/mL. Para los materiales testigos, se aplicó 10  $\mu$ L de agua destilada estéril como placebo.

**Tabla 6. Andeva para el análisis estadístico de la prueba de patogenicidad *Colletotrichum sp.* Mazorcas de cacao Nacional y CCN51**

Fuente de variación	Grados de libertad
Factor A (a-1)	1
Factor B (b-1)	3
A x B (a-1) (b-1) + testigo	4
Total n-1	8

Martínez, 2021

### **3.2.4 Recolección de datos**

#### **3.2.4.1 Recursos**

PDA (Acumedia, USA)

Agar Sabouraud (Acumedia, USA)

Agua de peptona (Acumedia, USA)

Asas microbiológicas

Cajas Petri (90 mm de diámetro)

Tubos de ensayo (20 mm de diámetro)

Erlenmeyer (300 y 500 mL de capacidad)

Vasos de precipitación (300 y 500 mL de capacidad)

pH metro digital de bolsillo (Hanna, USA)

Incubadora (Pol-Eko, Polonia)

Estufa (Pol-Eko, Polonia)

Agitador magnético (Thermo-scientific, USA)

Microscopio (Vanguard, USA)

Autoclave (Artesanal, Ecuador)

#### **3.2.4.2 Métodos y técnicas**

##### **Colecta e incubación del patógeno**

La colecta de *Colletotrichum spp.* se realizó en las frutas de aguacate y banano contaminadas, inicialmente estas se lavaron con agua corriente, se desinfectó con hipoclorito de sodio al 1% durante 1 min y se sembró en cajas Petri con medio de cultivo Agar-Papa-Dextrosa (PDA), se incubó hasta observar el crecimiento micelial a las temperaturas 20 °C y 30 °C, durante 7 días por triplicado.

### **Prueba de patogenicidad**

La capacidad infectiva de los aislamientos se evaluó en mazorcas de cacao de la variedad Nacional y CCN 51, procedentes de los materiales existentes en la CUM.

Estas se lavaron con agua, detergente y alcohol al 70 % para eliminar suciedades y desinfectar respectivamente. Luego se colocaron en cajas Petri conteniendo portaobjetos y papel filtro humedecido con agua estéril.

Se planteó cuatro réplicas más un testigo por cada variedad, realizando 8 incisiones con un bisturí estéril en cada mazorca. Como inóculo se utilizó 10  $\mu$ L de una dilución de  $1 \times 10^5$  conidios/mL. Para los materiales testigos, se aplicó 10  $\mu$ L de agua destilada estéril como placebo.

La incubación fue a temperatura ambiente y se observó diariamente por espacio de 5 días, siguiendo la aparición de síntomas y midiendo el diámetro de la lesión (virulencia de la cepa). Se midió los diámetros de las lesiones por variedad.

#### **3.2.5 Análisis estadístico**

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ). Se realizó el análisis de varianza. Se empleó el programa Infostat versión estudiantil.

## 4 Resultados

### 4.1 Analizar el comportamiento del patógeno en la mazorca de cacao mediante contaminación inducida

Los resultados del ancho micelar de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* en las incisiones de las mazorcas de las variedades Nacional y CCN-51 se muestran en la tabla 1. El test de Duncan no detectó significancia ( $p < 0.05$ ) entre las medias durante los 3 primeros días de haberse inoculado notándose que a pesar de ello el valor más alto (2.92 cm) lo reflejó el T2 (variedad Nacional con 4 incisiones) y el más bajo (1.52 cm) correspondió al T4 (variedad Nacional con 8 incisiones), contrariamente a los 5 días si se detectó significancia siendo el mayor valor (4.20 cm) el presentado por el T8 (variedad CCN-51 con 8 incisiones) mientras que el menor (3.00 cm) valor fue para el T3 (variedad Nacional con 6 incisiones).

**Tabla 1. Medias del ancho micelar (cm) de los crecimientos de *Colletotrichum sp.* en las incisiones de las mazorcas de la variedad Nacional y CCN-51**

No.	Factor A (Variedad)	Factor B (Incisiones)	Ancho micelar (cm)	
			3 días	5 días
1	a1: Nacional	b1: 2 incisiones	2,30a	3,36c
2	a1: Nacional	b2: 4 incisiones	2,92a	3,13cd
3	a1: Nacional	b3: 6 incisiones	2,90a	3,00d
4	a1: Nacional	b4: 8 incisiones	1,52b	3,10cd
5	a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	2,75a	3,15cd
6	a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	2,70a	4,10ab
7	a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	2,70a	3,90b
8	a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	1,59b	4,20a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Martínez, 2021

Los resultados del largo micelar de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* en las incisiones de las mazorcas de las variedades Nacional y CCN-51 se muestran en la tabla 2. La prueba de Duncan encontró significancia ( $p < 0.05$ ) entre las medias durante los 3 primeros días de haberse inoculado el patógeno siendo el valor más alto para el T8 con 3.94 cm (variedad CCN-51 con 8 incisiones) y el más bajo

1.60 cm correspondió al T6 (variedad CCN-51 con 4 incisiones), cabe resaltar que tanto el T8 como el T5 con 3.60 cm (variedad CCN-51 con 2 incisiones) fueron similares entre sí y superiores a los demás que a su vez también fueron significativamente iguales, contrariamente a los 5 días también se observó la significancia entre las medias de los tratamientos siendo el mayor valor el del T1 (variedad Nacional con 2 incisiones), seguido del T2 con 4.36 cm (variedad Nacional con 4 incisiones) y el T5 con 4.10 cm (variedad CCN-51 con 2 incisiones) mientras que el menor valor 3.20 cm fue para el T4 (variedad Nacional con 8 incisiones), los demás tratamientos fueron iguales entre sí.

**Tabla 2. Medias del largo micelar (cm) de los crecimientos de *Colletotrichum* sp. en las incisiones de las mazorcas de la variedad Nacional y CCN-51**

No.	Factor A (Variedad)	Factor B (Incisiones)	largo micelar (cm)	
			3 días	5 días
1	a1: Nacional	b1: 2 incisiones	2,90b	4,60a
2	a1: Nacional	b2: 4 incisiones	3,00b	4,36ab
3	a1: Nacional	b3: 6 incisiones	2,95b	3,70bcd
4	a1: Nacional	b4: 8 incisiones	2,95b	3,20d
5	a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	3,60a	4,10abc
6	a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	1,60c	3,30cd
7	a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	2,90b	3,40cd
8	a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	3,94a	3,45cd

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Martínez, 2021

#### **4.2 Determinar el nivel de daño ocasionado por *Colletotrichum* spp.. en la mazorca de cacao**

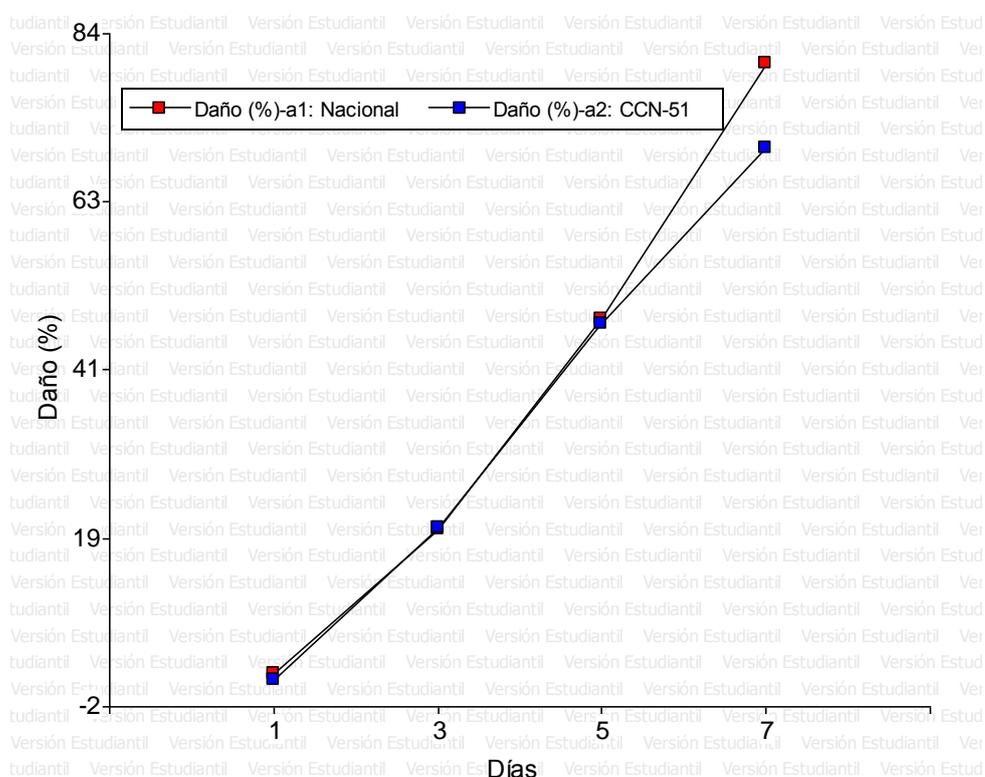
En la tabla 3 se aprecia el nivel de daño ocasionado por *Colletotrichum* spp.. en la mazorca de cacao. Se puede observar que a los 7 días de la inoculación del hongo en las mazorcas el T4 (variedad Nacional con 8 incisiones) alcanzó el 90% de infección del área de la mazorca mientras que las mazorcas del T5 (variedad CCN-51 con 2 incisiones) fueron infectadas en el 60%.

**Tabla 3. Porcentaje de daño ocasionado por *Colletotrichum spp.* en las mazorcas de cacao**

No.	Factor A (Variedad)	Factor B (Incisiones)	DÍA 1	DÍA 3	DÍA 5	DÍA 7
1	a1: Nacional	b1: 2 incisiones	1%	10%	35%	70%
2	a1: Nacional	b2: 4 incisiones	2%	18%	40%	80%
3	a1: Nacional	b3: 6 incisiones	3%	20%	50%	85%
4	a1: Nacional	b4: 8 incisiones	3%	30%	65%	90%
5	a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	1%	12%	30%	60%
6	a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	1%	15%	40%	65%
7	a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	1%	22%	55%	75%
8	a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	2%	28%	60%	80%

Martínez, 2021

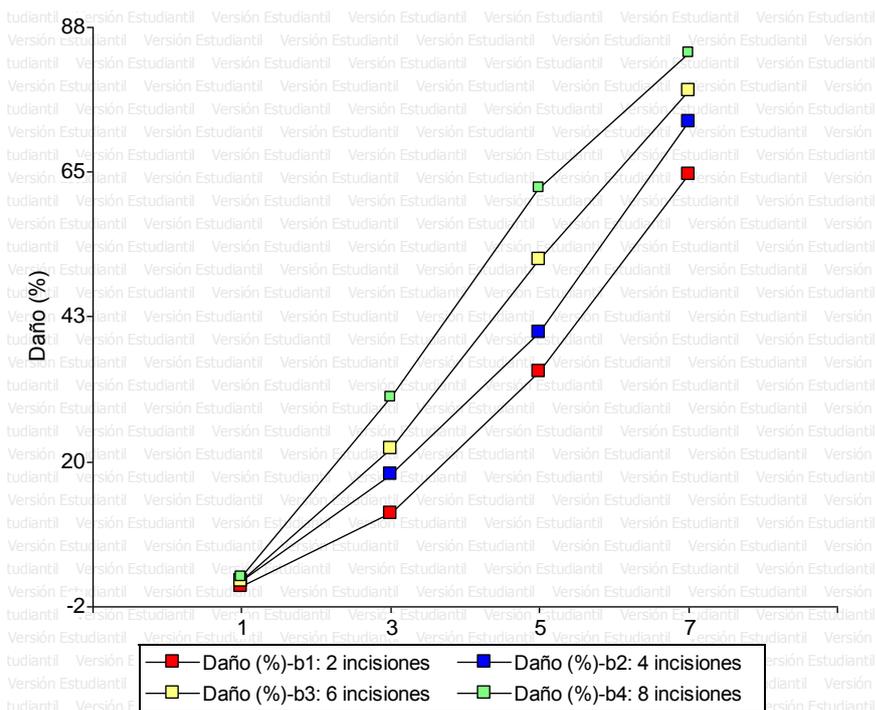
En la Figura 1 a continuación se aprecia el porcentaje del daño causado por *Colletotrichum spp.* a partir del primer día de observación de los apresorios del hongo en las mazorcas de cacao variedad Nacional y CCN-51. Se observa que el máximo valor ocurrió en la variedad Nacional y ocurrió a los 80 días de iniciada la inoculación mientras que la CCN-51, la máxima infección fue posterior a los 63 días.



**Figura 1. Porcentaje del daño (%) causado por *Colletotrichum spp.* a partir de las primeras observaciones en las mazorcas de cacao Nacional y CCN-51**

Martínez, 2021

En la Figura 2 se observa el porcentaje del daño causado por *Colletotrichum spp.* de acuerdo al número de incisiones en los que se inoculó el hongo encontrándose que los mayores valores ocurrieron a los 7 días de iniciada la inoculación.



**Figura 2. Porcentaje de daño ocasionado por *Colletotrichum spp.* según el número de incisiones en la mazorca y el tiempo de infección transcurrido**  
Martínez, 2021

#### 4.3 Describir el comportamiento del patógeno bajo condiciones *in vitro*

En la tabla 4 se exhiben los diámetros (mm) de los halos de crecimiento de *Colletotrichum spp.* en medio PDA. El microorganismo fue recolectado de aguacate y banano con características típicas de su presencia. Se puede observar que los mayores diámetros (3.0 mm) iniciales (24 horas) los presentó el banano a 20° C mientras que a 30 ° C logró un valor de 2.5 mm de diámetro. A las 168 horas los mayores (8.8 mm) diámetros fueron observados en

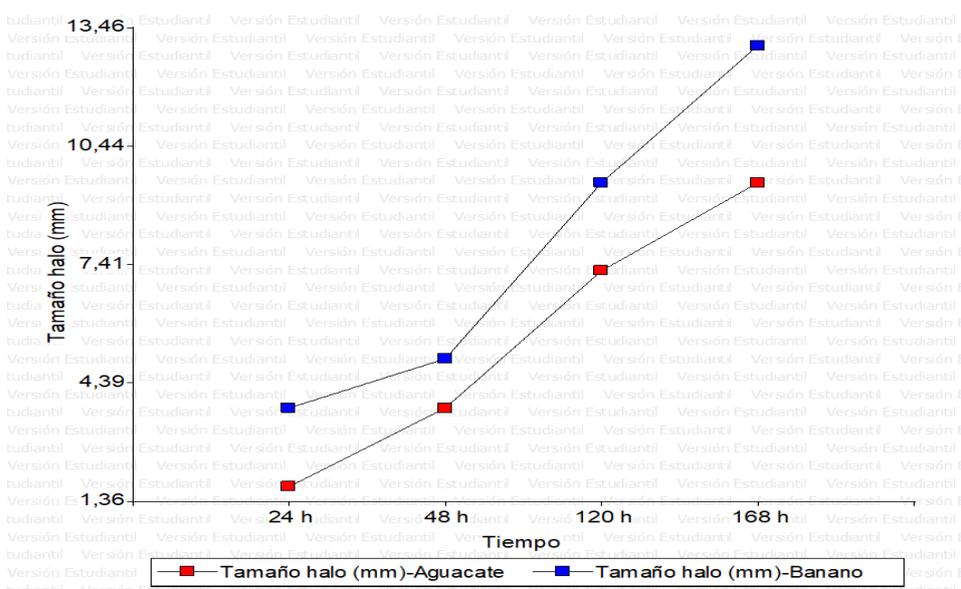
*Colletotrichum spp.* colectado de aguacate a 30° C y banano (8.0 mm) a la misma temperatura de incubación.

**Tabla 4. Diámetro (mm) radial del crecimiento del patógeno obtenido de aguacate y banano bajo condiciones in vitro en medio PDA**

No.	Factor A (Variedad)	Factor B (Incisiones)	DIÁMETRO RADIAL (mm)			
			24 horas	48 horas	120 horas	168 horas
1	a1: 20°C	b1: aguacate	2,0	4,0	5,3	7,0
2	a2: 30°C	b1: aguacate	1,5	3,5	7,5	8,8
3	a1: 20°C	b2: banano	3,0	4,5	5,3	6,3
4	a2: 30°C	b2: banano	2,5	5,5	6,8	8,0

Martínez, 2021

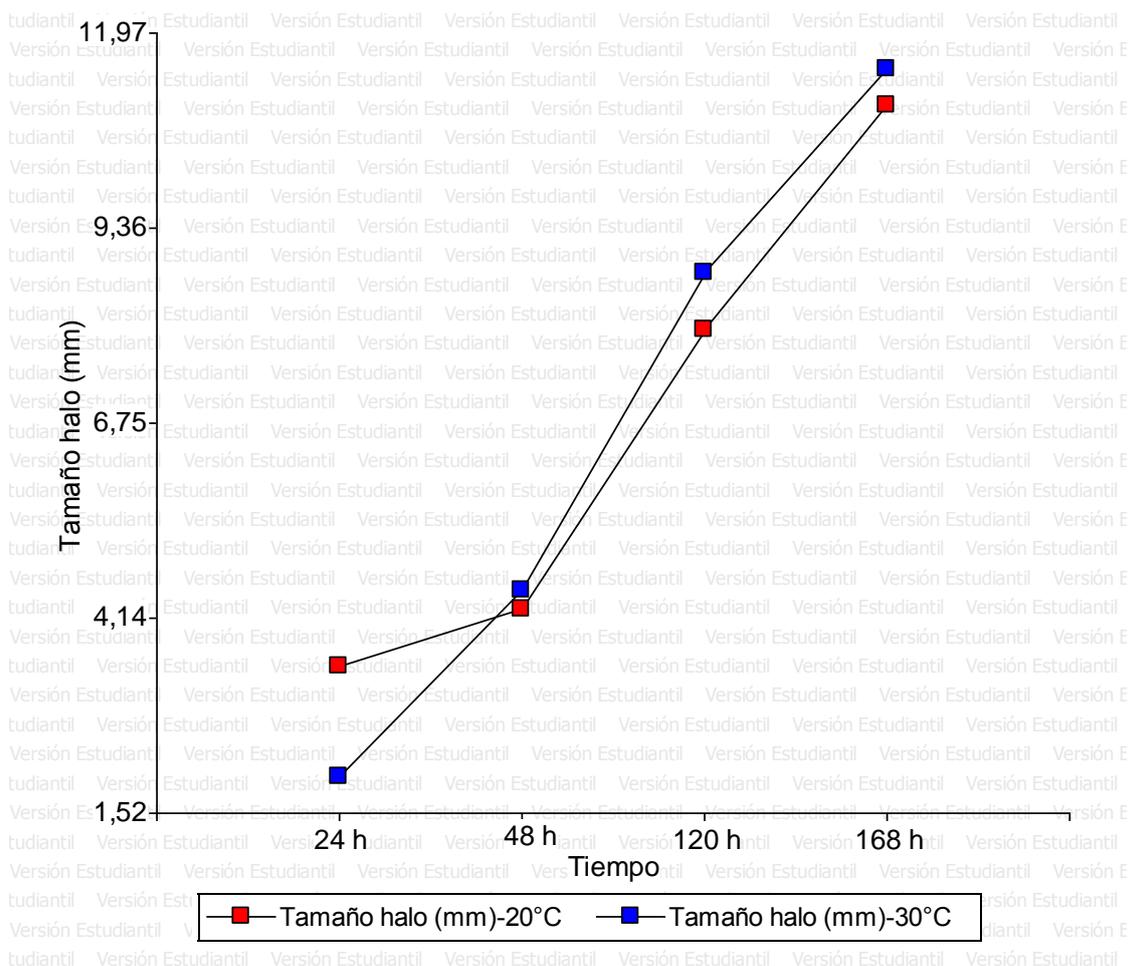
En la Figura 3, se muestra el tamaño del halo (mm) de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* en las muestras recolectadas de aguacate (*Persea americana*) y banano (*Musa triploide AAA*) a las 24, 48, 120 y 168 horas de la inoculación en PDA. Los resultados arrojaron un mayor crecimiento de los halos en las muestras recolectadas del banano el cual fue de 13.46 mm mientras que las inoculaciones del aguacate fueron inferiores a 10.44 mm.



**Ilustración 3. Tamaño del halo (mm) de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* en las muestras recolectadas de aguacate (*Persea americana*) y banano (*Musa triploide AAA*) a las 24, 48, 120 y 168 horas de la inoculación en PDA**

Martínez, 2021

En la Figura 4, se exhibe el tamaño del halo (mm) de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* y la temperatura de incubación (20 y 30 °C) a las 24, 48, 120 y 168 horas en medio PDA. En ella se observa que los crecimientos incubados a 30 °C alcanzaron los mayores halos (11.97 mm) seguidos de las cepas incubadas a 20 °C.



**Figura 4. Tamaño del halo (mm) y la temperatura de incubación de los crecimientos de *Colletotrichum spp.* a las 24, 48, 120 y 168 horas de la inoculación en PDA**

Martínez, 2021

## 5 Discusión

Los resultados obtenidos en cuanto al ancho y largo micelar observado en las incisiones realizadas a las mazorcas presentaron significancia estadística y la invasión se pudo apreciar en todas las mazorcas de los tratamientos relacionados con la variedad Nacional seguida de la variedad CCN-51.

Estos resultados sugieren que el cacao de la variedad Nacional presenta mayor susceptibilidad al ataque del hongo *Colletotrichum spp.* y pudiera deberse a la riqueza en compuestos que la vuelven atrayente para este y otros hongos.

Los investigadores Alemu *et al.*, (2014) encontraron en el tratamiento control de mangos inoculados artificialmente con *C. gloeosporioides* hasta un 90,7% de infección de la superficie de la fruta en comparación con los frutos sumergidos en extracto acuoso de plantas con actividad antifúngica las cuales apenas alcanzaron 25 % y 50 % de cobertura con el micelio del hongo en la fruta.

El hongo *Colletotrichum spp.* posee una marcada importancia en el patosistema cacao y forma parte de los microorganismos que infectan las mazorcas contribuyendo a su deterioro. En efecto, Torres De la Cruz *et al.*, (2018) realizaron 57 aislamientos de tejidos con síntomas y signos característicos asociados a las especies fúngicas donde sobresalió *Colletotrichum gloeosporioides*, seguida de *Lasiodiplodia theobromae* y *Moniliophthora roreri*.

Damm *et al.* (tal como se citó en Silva 2012) informan que de acuerdo a algunos estudios se ha demostrado que *Colletotrichum acutatum* posee una inusual y diversa morfología así como una estructura filogenética distinta, encontrándose importantes discrepancias de hasta el 5.8 % entre cepas, en la secuencia de la región ITS<sup>1</sup> frente a una frecuencia de entre 2 a 4 % que se consideran menores divergencias en otras especies de hongos.

Los resultados observados señalan que la mayor invasión del hongo *Colletotrichum spp.* con el 90% fue observada en las mazorcas de la variedad Nacional lo que nos insinúa que este pudiera presentar una marcada atracción hacia estos materiales genéticos a diferencia de la variedad CCN-51 que debido posiblemente a su variabilidad genética presente mayor resistencia al ataque de este microorganismo.

A pesar de lo expresado, existen especies de *Colletotrichum* que presentan un cierto nivel de antagonismo frente a hongos patógenos típicos de cacao, al respecto, Espinoza *et al.*, (2020) lograron inhibir el crecimiento de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* con *Trichoderma konigiopsis* y *Colletotrichum tropicale* como antagonistas sin embargo estos investigadores concluyen que es posible que ambas especies antagónicas pueden convertirse en patógenas debido a la presión de otras especies fúngicas endófitas, cabe resaltar que este estudio se realizó en el laboratorio y el método empleado fue altamente similar al desarrollado en la presente tesis.

La recolección del hongo *Colletotrichum spp.* proveniente de frutas como aguacate y banano presentó similar comportamiento tomando como variable la medición del diámetro radial en los crecimientos *in vitro* en medio PDA. Esto sugiere que este hongo posee el mismo comportamiento multiplicativo y de crecimiento indistintamente del sustrato donde se desarrolle.

Se ha informado que los crecimientos de *Colletotrichum* poseen uniformidad de crecimiento bajo condiciones *in vitro*. Algunos investigadores como Trinidad *et al.*, (2017) dentro de un total de 86 cepas fúngicas, lograron identificar 20 cepas de *Colletotrichum spp.*, mediante técnicas moleculares, las cuales fueron identificadas como: *C. gloeosporioides*, *C. hymenocallidis*, *C. siamense* y *C.*

*tropicale*. De las cuales la especie *C. gloeosporioides* ha sido asociada como patógeno de diferentes especies como papaya, cítricos, aguacate, café, mango, uva, guanábana, tomate y fresa de igual manera, *C. tropicale* ha sido reportado, como patógeno en diversos cultivos, como la guanábana, mango y aguacate entre otros.

Otros autores señalan que *Colletotrichum spp.* posee gran variabilidad morfológica debido a los parámetros como las condiciones de incubación, temperatura y humedad, sobre este aspecto, Tapia *et al.*, (2020) destacan que la variabilidad puede deberse a la gran plasticidad genética de adaptación a diferentes condiciones por parte del patógeno.

En el mismo sentido, analizando el comportamiento de otro hongo patógeno, Sánchez *et al.*, (como se citó en Chávez, 2020) realizaron 86 aislamientos de *Phytophthora capsici* en agar V8 y observando algunos patrones de crecimiento micelial, donde el 74% de los aislados presentaron el patrón estrellado, 14% ligeramente petaloide y el 12% radial con bastante similitud a *Colletotrichum spp.*

## 6 Conclusiones

El hongo *Colletotrichum spp.* presenta un cierto grado de agresividad en las mazorcas de la variedad Nacional.

Las mazorcas de la variedad Nacional alcanzaron hasta un 90 % de invasión a los 7 días de inoculado el hongo en estas.

Los aislados de *Colletotrichum spp.* provenientes de aguacate y banano presentaron similar comportamiento de crecimiento bajo condiciones *in vitro*.

En función de los resultados obtenidos y la discusión planteada se acepta la hipótesis “El hongo *Colletotrichum spp.* presenta una infección agresiva en la mazorca de cacao” en consecuencia se rechaza la hipótesis alternativa “El hongo *Colletotrichum spp.* no presenta una infección agresiva en la mazorca de cacao”

## 7. Recomendaciones

Evaluar molecularmente al hongo *Colletotrichum spp.* para identificar los genes asociados a su agresividad.

Identificar las sustancias, en el cacao de la variedad Nacional, que sirven de receptores para atraer al hongo *Colletotrichum spp.*,

Enfrentar los aislados de *Colletotrichum spp.* con biocontroladores fúngicos y bacterianos para evaluar su nivel de antagonismo.

## 8. Bibliografía

- Alcívar T., A., García V., G., Cadena P., D., y Sánchez V., V. (2019). Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) Y BAMBÚ (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Revista Ciencia e Investigación*, 4(4), 10-21. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7368042>
- Alemu, K., Ayalew , A., y Woldesadic , K. (2014). Evaluation of antifungal activity of botanicals for postharvest management of mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *International Journal of Life Science*, 8(1), 1-6. Obtenido de <https://www.nepjol.info/index.php/IJLS/article/view/9957>
- Ariza F., R., Aceves A., M., Barrios A., A., Otero S., M., Avendaño A., C., y López L., P. (2018). Tratamiento térmico para control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz y Sacc) para mejorar calidad de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo. *Agroproductividad*, 11(1), 72-79. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/249320022.pdf>
- Castro N., O., Riascos O., D., Hoyos C., L., y Tapiero O., A. (2020). Disturbios histológicos causados por *Microcyclus ulei* y el complejo *Colletotrichum* spp. en caucho (*Hevea brasiliensis*). *Summa Phytopathology*, 46(2), 105-112. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/sp/a/WJDwvQCKM5rvV7jtkMcj3Ry/abstract/?lang=es>
- Chávez L., J. (2020). *Caracterización cultural, patogénica y sensibilidad in vitro de Phytophthora spp. asociado a enfermedades de mazorca de cacao (Theobroma cacao L)*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Tesis de pregrado. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1337/1/TTA10D.pdf>
- Delgado F., E., y Vásquez M., S. (2010). Control biológico de la Antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz. y Sacc.) en Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav.) mediante hongos endófitos antagonistas. *La Granja*, 11(1), 36-43. Obtenido de <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/491>
- Domínguez G., I., Mohali , S. R., Marín M., M., y Pino M., H. (2012). Caracterización y variabilidad genética de *Colletotrichum gloeosporioides* sensu lato en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Venezuela. *Tropical Plant Pathology*, 37(2), 108-112. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/tpp/a/9MtKGHsnwZFFvwwfg7DbWPj/?format=pdfylang=es>
- Rodríguez J. G, Rodríguez Falconí R., y Rodríguez Quibrera C. G,. 2021. “Colletotrichum Spp. Procedente de Frutos de Papaya, Del Centro de Veracruz, Su Control Con Fungicidas y Efecto Del PH Del Agua.” *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(3):4512–23. doi: 10.34188/bjaerv4n3-133.
- Espinoza L. , R., Villavicencio V., M., Chocho , V., Schuler , L., Sosa Del Castillo, D., y Pérez M., S. (2020). *Estimulación e inhibición del crecimiento de Moniliophthora roreri Y M. perniciosa por hongos endófitos del cacao*. Milagro: Centro de Biotecnología para el desarrollo. . Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Victor-Chocho/publication/299505560\\_ESTIMULACION\\_E\\_INHIBICION\\_DEL\\_CRECIMIENTO\\_DE\\_Moniliophthora\\_roreri\\_Y\\_M\\_perniciosa\\_POR\\_HONGO](https://www.researchgate.net/profile/Victor-Chocho/publication/299505560_ESTIMULACION_E_INHIBICION_DEL_CRECIMIENTO_DE_Moniliophthora_roreri_Y_M_perniciosa_POR_HONGO)

S\_ENDOFITOS\_DEL\_CACAO/links/56fc09e408ae8239f6dc436d/ESTIMULACION-E-INHIBICION-DEL-CRECIMIE

- Gañán, L., Álvarez, E., y Castaño Z., J. (2015). Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum spp.* causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 39(15), 339-347. Obtenido de <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/192>
- Kulshrestha , S. M. (2015). *Colletotrichum gloeosporioides*: An anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables. *Biosci Biotechnol Res Asia*, 12(2). Obtenido de <http://www.biotech-asia.org/vol12no2/colletotrichum-gloeosporioides-an-anthracnose-causing-pathogen-of-fruits-and-vegetables/>
- Landero V., N., Lara V., F., Andrade H., P., Aguilar, P. L., y Aguado R., G. (2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum spp.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1189-1198. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000501189yscript=sci\\_abstractytlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000501189yscript=sci_abstractytlng=pt)
- LORSA. (2008). *Ley Orgánica de Régimen de la Seguridad Alimentaria*. Quito: Asamblea Nacional del Ecuador. Registro Oficial.
- Martínez de la Parte, E., y Pérez V., L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Rev. Protección Veg.*, 30(2), 87-96. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1010-27522015000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1010-27522015000200002)

- Nascimento, A., Lima, M., Feijó, F. M., Júnior, J. H., Assuncao, I., y Lima, G. S. (2019). Primer informe de *Colletotrichum aeshynomenes* causante de antracnosis en el cacao (*Theobroma cacao*) en Brasil. *Plant disease*, 103(12), 34-39. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64033>
- Réblová, M., Gams, W., y Seifert, K. A. (2011). Monilochaetes and allied genera of the Glomerellales, and a reconsideration of families in the Microascales. *Studies in Mycology*, 68(1), 163-191. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061614600464>
- Riera, N. J. (2015). *Caracterización molecular y de patogenicidad de Colletotrichum spp, en bananas var Cavendish y pruebas de antagonismo con Trichoderma spp., recolectadas en fincas bananeras de la región costa del Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ciencias e Ingenierías. Tesis de pregrado. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4461>
- Ríos M., M. (2010). *Control biológico de la Antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides Penz) en tomate de árbol (Solanum betaceum) en el ecotipo: amarillo puntón, mediante hongos endófitos antagonistas*. Paute: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Tesis de pregrado. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3806>
- Rivera M., L., Quintana R., E., Adame A., R., Molina T., J., y Heil, M. (2017). Los volátiles de plantas (COVs) ejercen un rol importante en la resistencia directa a hongos patógenos. *Jóvenes en la Ciencia*, 3(1), 303-308. Obtenido de <http://148.214.84.21/handle/20.500.12059/3438>

- Rojas B., I., Álvarez R., B., García E., R., León F., J., Sañudo B., A., y Allende M., R. (2017). Situación actual de *Colletotrichums spp.* en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 549-570. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092017000300549](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092017000300549)
- Shivakumar, S., y Bakthavatchalu, S. (2016). Siderophore production by *Pseudomonas aeruginosa* FP6, a biocontrol strain for *Rhizoctonia solani* and *Colletotrichum gloeosporioides* causing diseases in chilli. *Agriculture and Natural Resources*, 50, 250-256. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452316X16301016>
- Silva Barrera Pamela. 2012. "Caracterización Genotípica y de Virulencia de *Colletotrichum Tamarilloi* y *Colletotrichum Sp.* Causantes de La Antracnosis En Tomate de Árbol."
- Tapia R., A., Ramírez D., J., Salgado S., M., Castañeda V., A., Maldonado Z., F., y Lara D., V. (2020). Distribución espacial de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en aguacate en el Estado de México, México. *Rev Argent Microbiol.* 2020;52(1):72, 52(1), 72-82. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0325754119300872?token=A57F860D7571008B3BA7F4E5F2C92B0AFBD80ADE4F03BDC3AD91A46CF8312B804D4A9E137442FAC9FCEAFE884D48A7C2&yoriginRegion=us-east-1&yoriginCreation=20210930001959>
- Tenorio, Reynaldo, and Patricia Mollinedo. 2016. "Inhibitory Capacity of Filtrates From *Trichoderma Inhamatum* and *Caioophora Andina* Over Phytopathogens of *Theobroma Cacao*." *Bolivian Journal of Chemistry* 33(3):116–26.

- Torres De la Cruz, M., Guillén , C. A., Ortiz G. , C., De la Cruz P., A., Luna R., M., y Cappello G., S. (2018). Hongos asociados al patosistema Cacao en el Estado de Tabasco, México. En R. G. Martínez H. J., *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria* (págs. 2016-220). Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco UJAT. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Herrera-19/publication/330401807\\_Investigaciones\\_Cientificas\\_y\\_Agrotecnicas\\_para\\_la\\_Seguridad\\_Alimentaria/links/5d105e45299bf1547c79547c/Investigaciones-Cientificas-y-Agrotecnicas-para-la-Seguridad-Alimen](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Herrera-19/publication/330401807_Investigaciones_Cientificas_y_Agrotecnicas_para_la_Seguridad_Alimentaria/links/5d105e45299bf1547c79547c/Investigaciones-Cientificas-y-Agrotecnicas-para-la-Seguridad-Alimen)
- Trinidad A., E., Ascencio V., F., Ulloa, J., Ramírez, J. C., Ragazzo S., J., Calderón S., M., y Bautista R., P. (2017). Identificación y caracterización de *Colletotrichum* spp. causante de antracnosis en aguacate Nayarit, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* , 19(1), 3953-3965. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8nspe19/2007-0934-remexca-8-spe19-3953.pdf>
- Velásquez, Jhanet Yovana Díaz. 2018. “Diagnóstico y Control in Vitro de Enfermedades Fungosas de Orquídeas (*Dendrobium* Sp y *Phalaenopsis* Sp) Del Vivero de La Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.”
- Zamora, J. A. (2012). *Control de antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides Penz.) en frutos de papaya*. San José: Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias . Tesis de pregrado. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2275/1/34106.pdf>
- Zhang, N., Rossman, A., Seifert, K., Bennett , J. W., Cai , G., Hillman, B., . . . Schoch, C. (2013). Impactos del Código internacional de nomenclatura

para algas, hongos y plantas (Código de Melbourne) en los nombres científicos de los hongos patógenos de las plantas. *APS. American Phytopatology Society*, APS. Sociedad Americana de Fitopatología. Obtenido de <https://research-scotland.ac.uk/handle/20.500.12594/2367>

## 9. Anexos

### 9.1 Anexo 1. Análisis de la varianza del ancho micelar (cm) de las incisiones de *Colletotrichum* spp. en las mazorcas de cacao a los 3 días.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV (%)
Ancho micelar (cm) a los 3 días	16	0.87	0.76	11.83

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,54	7	0,65	7,91	0,0046
Factor A (Variedad)	2,8E-03	1	2,8E-03	0,03	0,8591
Factor B (Incisiones)	4,25	3	1,42	17,27	0,0007
Factor A (Variedad)*Factor..	0,29	3	0,10	1,18	0,3759
Error	0,66	8	0,08		
Total	5,20	15			

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0820 gl: 8

Factor A (Variedad) Factor B (Incisiones) Medias n E.E.

a1: Nacional	b2: 4 incisiones	2,92	2 0,20	A
a1: Nacional	b3: 6 incisiones	2,90	2 0,20	A
a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	2,75	2 0,20	A
a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	2,70	2 0,20	A
a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	2,70	2 0,20	A
a1: Nacional	b1: 2 incisiones	2,30	2 0,20	A
a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	1,59	2 0,20	B
a1: Nacional	b4: 8 incisiones	1,52	2 0,20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## 9.2 Anexo 2. Análisis de la varianza del ancho micelar (cm) de las incisiones de *Colletotrichum* spp. en las mazorcas de cacao a los 5 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV (%)
Ancho micelar (cm) a los 5 días	16	0.97	0.95	3.04

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,40	7	0,49	43,14	<0,0001
Factor A (Variedad)	1,90	1	1,90	169,28	<0,0001
Factor B (Incisiones)	0,39	3	0,13	11,62	0,0028
Factor A (Variedad)*Factor..	1,10	3	0,37	32,61	0,0001
Error	0,09	8	0,01		
Total	3,49	15			

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0113 gl: 8

Factor A (Variedad) Factor B (Incisiones) Medias n E.E.

a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	4,20	2	0,08	A
a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	4,10	2	0,08	A B
a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	3,90	2	0,08	B
a1: Nacional	b1: 2 incisiones	3,36	2	0,08	C
a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	3,15	2	0,08	C D
a1: Nacional	b2: 4 incisiones	3,13	2	0,08	C D
a1: Nacional	b4: 8 incisiones	3,10	2	0,08	C D
a1: Nacional	b3: 6 incisiones	3,00	2	0,08	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 9.3 Anexo 3. Análisis de la varianza del largo micelar (cm) de las incisiones de *Colletotrichum* spp. en las mazorcas de cacao a los 3 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV (%)
Largo micelar (cm) a los 3 días	16	0.93	0.86	8.49

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,43	7	0,92	14,34	0,0006
Factor A (Variedad)	0,01	1	0,01	0,22	0,6548
Factor B (Incisiones)	3,01	3	1,00	15,66	0,0010
Factor A (Variedad)*Factor B	3,41	3	1,14	17,74	0,0007
Error	0,51	8	0,06		
Total	6,94	15			

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0641 gl: 8

Factor A (Variedad) Factor B (Incisiones) Medias n E.E.

a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	3,94	2 0,18	A
a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	3,60	2 0,18	A
a1: Nacional	b2: 4 incisiones	3,00	2 0,18	B
a1: Nacional	b4: 8 incisiones	2,95	2 0,18	B
a1: Nacional	b3: 6 incisiones	2,95	2 0,18	B
a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	2,90	2 0,18	B
a1: Nacional	b1: 2 incisiones	2,90	2 0,18	B
a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	1,60	2 0,18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### 9.4 Anexo 4. Análisis de la varianza del largo micelar (cm) de las incisiones de *Colletotrichum* spp. en las mazorcas de cacao a los 5 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV (%)
Largo micelar (cm) a los 5 días	16	0.80	0.62	9.26

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,87	7	0,55	4,55	0,0247
Factor A (Variedad)	0,65	1	0,65	5,33	0,0498
Factor B (Incisiones)	2,35	3	0,78	6,43	0,0159
Factor A (Variedad)*Factor.	0,88	3	0,29	2,41	0,1424
Error	0,97	8	0,12		
Total	4,84	15			

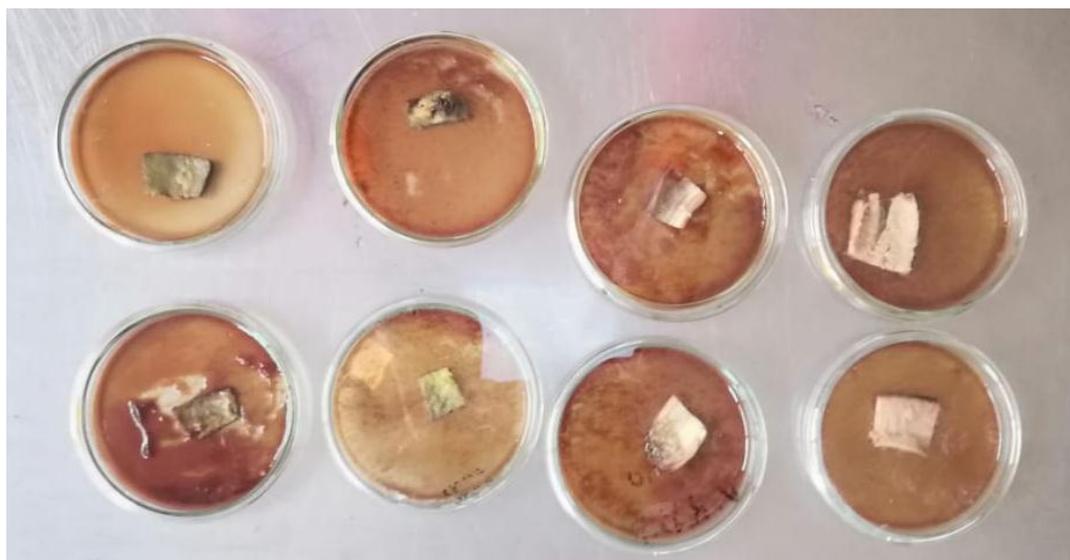
#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1215 gl: 8

Factor A (Variedad) Factor B (Incisiones) Medias n E.E.

a1: Nacional	b1: 2 incisiones	4,60	2 0,25	A
a1: Nacional	b2: 4 incisiones	4,36	2 0,25	A B
a2: CCN-51	b1: 2 incisiones	4,10	2 0,25	A B C
a1: Nacional	b3: 6 incisiones	3,70	2 0,25	B C D
a2: CCN-51	b4: 8 incisiones	3,45	2 0,25	C D
a2: CCN-51	b3: 6 incisiones	3,40	2 0,25	C D
a2: CCN-51	b2: 4 incisiones	3,30	2 0,25	C D
a1: Nacional	b4: 8 incisiones	3,20	2 0,25	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

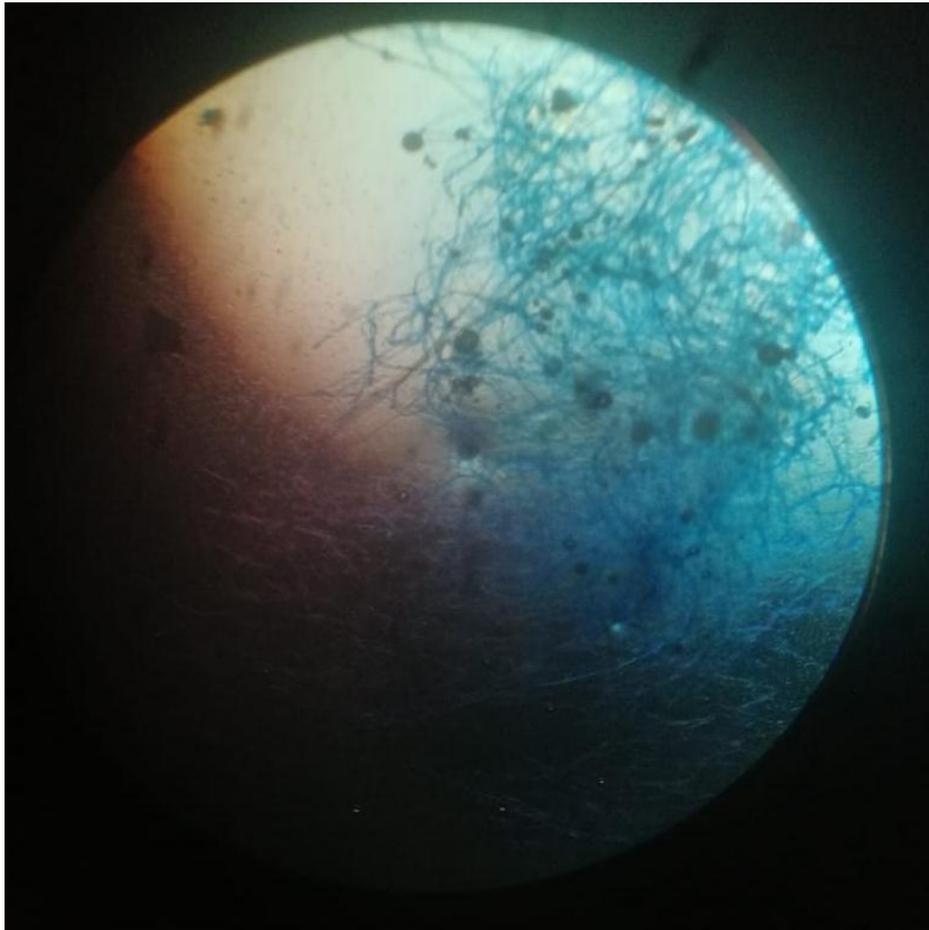


#### 9.5 Anexo 5. Inoculación en medio PDA de las muestras de aguacate y banano infectadas con *Colletotrichum* spp.

Martínez, 2021



**9.6 Anexo 6. Crecimiento radial del micelio de *Colletotrichum* spp. proveniente de las muestras de aguacate y banano Martínez, 2021**



**9.7 Anexo 7. Vista al microscopio de las conidias de *Colletotrichum* spp. con lente 40x y teñidas con azul de lactofenol Martínez, 2021**



**9.8 Anexo 8. Mazorcas de cacao con 8 incisiones infectadas con *Colletotrichum* spp. Martínez, 2021**



**9.9 Anexo 9. Evaluando las dimensiones de los micelios de *Colletotrichum* spp. en las mazorcas de cacao Nacional Martínez, 2021**



**9.10 Anexo 10. Mazorcas de cacao CCN-51 con 2 y 4 incisiones infectadas con *Colletotrichum* spp. Martínez, 2021**