



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Forestal

Título del Proyecto de Investigación:

Efecto del carbón activado y bioactivos en el control del hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa)

Autora:

Geraldine Maittee Mendoza Velez

Directora del Proyecto de Investigación

Ing. María Lorena Cadme Arévalo, M.Sc.

Mocache-Los Ríos-Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Mendoza Velez Geraldine Maittee**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Mendoza Velez Geraldine Maittee

C.I. #1311318065

CERTIFICACIÓN DE CULMINACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrito, **Ing. María Lorena Cadme M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Mendoza Velez Geraldine Maittee**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto del carbón activado y bioactivos en el control del hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa)**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. María Lorena Cadme, M.Sc

Directora del Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

CERTIFICACIÓN

La suscrito **Ing. María Lorena Cadme Arévalo M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de directora del Proyecto de Investigación “**Efecto del carbón activado y bioactivos en el control del hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa)**” de la estudiante **Mendoza Velez Geraldine Maittee** de la carrera de Ingeniería Forestal. **CERTIFICA:** el cumplimiento de los parámetros establecidos por la SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del **3%**.



Document Information

Analyzed document	TESIS URKUND MAYTEE MAYO 2023.docx (D166025918)
Submitted	2023-05-05 18:43:00
Submitted by	
Submitter email	mcadme@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	mcadme.uteq@analysis.urkund.com

Ing. María Lorena Cadme, M.Sc

Directora del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto del carbón activado y bioactivos en el control del hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa)”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera forestal.

Aprobado por:

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay, M.Sc.
Presidente del Tribunal

Ing. For. Edison Solano Apuntes, M.Sc.
Integrante del Tribunal

Ing. For. Edwin Jiménez Romero, M.Sc.
Integrante del Tribunal

Mocache-Los Ríos-Ecuador

2023

AGRADECIMIENTO

En este momento tan importante de mi vida dejo constancia de mi agradecimiento:

A Dios, por concederme la vida y permitirme lograr cada meta propuesta a lo largo de este camino. A mis padres, que son símbolo de esfuerzo y testigos de muchos desvelos que trajo consigo esta carrera, quienes me apoyaron desde el primer día. Por su amor y su apoyo incondicional, sin duda alguna han sido el pilar fundamental para lograr cada meta. A mis hermanos y sobrinos, por el sólo hecho de estar presente en mi vida y permitirme ser un ejemplo para cada uno de ellos.

A mis amigas Jeniffer López, Genesis Hurtado y Karelys Hidalgo, por brindarme su amistad, por ser personas incondicionales y ser de gran apoyo desde el día que coincidimos. A mis amigos; Ing. Jair Alcívar, Ing. Marlon Vera, Ing. Cristhian Cevallos, Jean Gavilanez, que de una u otra forma estuvieron presentes en esta etapa y me brindaron su amistad con quienes construimos bonitos recuerdos. A mi querido amigo Ing. Bryan Calderón, por su apoyo y compañía en esta travesía, por su amistad y por ser testigo de mi esfuerzo y dedicación.

A la Ing. María Lorena Cadme Arévalo, M.Sc., por permitirme ser su tesista y quien siempre confió en mí, por su gran apoyo genuino hasta las últimas instancias. Al Ing. Ángel Cedeño, M. Sc., mi cotutor por ser un excelente profesional que siempre estuvo dispuesto a brindarme su apoyo y guiarme en esta investigación.

Finalmente, expreso mis más sinceros agradecimientos a cada una de las personas que fueron de gran ayuda y que de alguna manera colaboraron en el logro de esta investigación.

DEDICATORIA

Dedico este nuevo logro a Dios, porque me siento privilegiada al recibir toda la sabiduría y resiliencia que me ha otorgado para no decaer mientras cursaba esta maravillosa carrera.

Con mucho amor dedico mi tesis a mis padres, pues sin su amor y apoyo incondicional no lo habría logrado.

También dedico este logro hacia mi persona porque nunca dejé de creer en mis capacidades e inteligencia para lograr cada meta que me he propuesto a lo largo de mi vida, por no doblegarme y ser persistente.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La especie forestal y maderera *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. posee gran demanda en el mercado internacional. Se cultiva de forma natural y por reforestación, especialmente en la selva sub-tropical de Ecuador, donde es uno de los recursos forestales y maderables de superior aprovechamiento; siendo uno de los rubros económicos de importancia en nuestro país, y llamado en el comercio internacional balso ecuatoriano. Aunque es una especie con gran demanda comercial, no está exenta a ataques de patógenos y enfermedades. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del carbón activado y bioactivos para el control de la muerte regresiva causada por el hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa), para llevar a cabo esta investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A x B (a: tratamientos y b: concentración) con 3 repeticiones y 4 unidades por repetición, distribuyendo 3 tratamientos en concentraciones de 10 y 20% además de un control. Posterior a la inoculación y aplicación de tratamientos se tomaron datos cada 8 días, registrando promedios entre los tratamientos y control, de acuerdo a la variable altura (14 cm y 18,83 cm), diámetro basal (0,32 mm y 0,50 mm), número de hojas (3 y 6 hojas), peso foliar (1,72 g y 2,70 g), longitud radicular (17,73 cm y 27,97) y peso radicular (1,06 g y 2,03 g), en cuanto a nivel *in vitro* con el tratamiento carbón al 20% obtuvo un menor crecimiento micelial (4,49 mm) y entre los bioactivos a base de ruda y ortiga, el de ruda al 20% obtuvo un menor desarrollo (4,13 mm) del hongo *P. capsici* en las cajas de Petri.

Palabras clave: bioactivos, ruda, ortiga, carbón activado

ABSTRACT AND KEYWORDS

The forest and timber species *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. great demand in the international market. It is cultivated naturally and by reforestation, especially in the sub-tropical rainforest of Ecuador, where it is one of the forest and timber resources of superior use; being one of the most important economic items in our country, and called in international trade Ecuadorian balsam. Although it is a species of great commercial demand, it is not exempt from pathogen and disease attacks. The objective of this research was to determine the influence of activated charcoal and bioactives for the control of regressive death caused by the fungus *Phytophthora capsici* in *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. This research was carried out using a completely randomized experimental design (CRD) with factorial arrangement A x B (a: treatments and b: concentration) with 3 replications and 4 units per replication, distributing 3 treatments in concentrations of 10 and 20%, in addition to a control. After inoculation and application of the treatments, data were taken every 8 days, recording the averages between the treatments and the control, according to the variable height (14 cm and 18.83 cm), basal diameter (0.32 mm and 0.50 mm), number of leaves (3 and 6 leaves), leaf weight (1.72 g and 2.70 g), root length (17.73 cm and 27.97 cm) and root weight (1.06 g and 2.03 g). 97) and root weight (1.06 g and 2.03 g), In vitro, the treatment with 20% charcoal obtained less mycelial growth (4.49 mm) and among the bioactives based on rue and nettle, the treatment with 20% rue obtained less mycelial growth (4.13 mm) of the fungus *P. capsici* in Petri dishes.

Key words: bioactives, rue, nettle, activated charcoal

ÍNDICE

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
CÓDIGO DUBLIN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
<i>1.1. Problema de investigación</i>	<i>3</i>
<i>1.1.1. Planteamiento del problema.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Formulación del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3. Sistematización del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.4. Delimitación del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Objetivos.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.1. Objetivo general</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2. Objetivos específicos</i>	<i>4</i>
<i>1.4. Justificación.....</i>	<i>5</i>
CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
<i>2.1. Fundamentación conceptual.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.1. Plantaciones forestales</i>	<i>7</i>

2.1.2. <i>Especie forestal</i>	7
2.1.3. <i>Muerte regresiva</i>	7
2.2. <i>Fundamentación teórica</i>	7
2.2.1. <i>Descripción de la especie forestal</i>	7
2.2.1.1. <i>Taxonomía</i>	8
2.2.1.2. <i>Distribución</i>	8
2.2.1.3. <i>Descripción botánica</i>	8
2.2.1.4. <i>Ecología</i>	9
2.2.1.5. <i>Hábitat y requerimientos ambientales</i>	9
2.2.2. <i>Taxonomía de Phytophthora capsici</i>	10
2.2.2.1. <i>Ciclo de vida de Phytophthora capsici</i>	10
2.2.2.2. <i>Características morfológicas</i>	11
2.2.2.3. <i>Distribución</i>	11
2.2.2.4. <i>Biología de Phytophthora</i>	11
2.2.3. <i>Carbón activado</i>	12
2.2.3.1. <i>Características</i>	12
2.2.3.2. <i>Producción del carbón activado</i>	13
2.2.4. <i>Tipo de extracción</i>	13
2.2.4.1. <i>Maceración</i>	13
2.3. <i>Fundamentación referencial</i>	14
2.3.1. <i>Aplicación de bioactivo a partir de Ruta graveolens (ruda)</i>	14
CAPÍTULO III	17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. <i>Localización</i>	17
3.2. <i>Tipo de investigación</i>	17
3.3. <i>Método de investigación</i>	17
3.4. <i>Fuentes de recopilación</i>	18
3.5. <i>Diseño de investigación</i>	18
3.5.1. <i>Diseño experimental</i>	18
3.5.1.1. <i>Factores de estudio y tratamientos</i>	18
3.5.2. <i>Obtención del carbón activado</i>	19
3.5.2.1. <i>Activación física</i>	19

3.5.2.2. Activación química.....	20
3.5.3. <i>Proceso de selección de plantas para obtener bioactivos</i>	20
3.5.3.1. Obtención de bioactivos.....	20
3.5.4. <i>Variables a evaluar</i>	21
3.7. <i>Manejo del experimento</i>	22
3.7.1. <i>Determinación de propiedades antifúngicas de los bioactivos y carbón activado a nivel in vitro</i>	22
3.7.2. Crecimiento del patógeno	22
3.7.3. <i>Inoculación del hongo en las plántulas de O. pyramidale y aplicación del carbón activado y bioactivos</i>	22
3.6. <i>Recursos y materiales</i>	23
3.6.1. <i>Materiales de oficina</i>	23
3.6.2. <i>Material experimental</i>	23
3.6.3. <i>Material de campo</i>	23
3.6.4. <i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	24
3.6.5. <i>Reactivos y otros</i>	25
CAPÍTULO IV	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. <i>Resultados</i>	27
4.1.1. <i>Efecto del carbón activado en el crecimiento micelial del hongo P. capsici</i>	27
4.1.2. <i>Tolerancia de P. capsici al tratamiento de diferentes concentraciones de bioactivos a nivel in vitro</i>	27
4.1.3. <i>Influencia del hongo P. capsici en el desarrollo vegetativo de O. pyramidale con la adición de carbón activado y bioactivos a nivel de vivero</i>	28
4.1.3.1. Variable morfológica: Altura.....	28
4.1.3.2. Diámetro basal	29
4.1.3.3. Número de hojas	30
4.1.3.4. Peso foliar	31
4.1.3.5. Longitud radicular.....	32
4.1.3.6. Peso radicular.....	33
4.1 <i>Discusión</i>	35
CAPÍTULO V	39

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones.....	39
5.2. Recomendaciones	40
CAPÍTULO VI.....	40
BIBLIOGRAFÍA	40
6.1. Bibliografía.....	42
CAPÍTULO VII	47
ANEXOS.....	47
7.1 Anexos.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de la especie.....	8
Tabla 2. Descripción taxonómica de la especie.....	10
Tabla 3. Factores de estudio	18
Tabla 4. Descripción de los tratamientos.....	19
Tabla 5. Especies seleccionadas asociadas a los cultivos de la zona de estudio con propiedades antifúngico	20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del área de estudio.....	17
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento micelial del hongo <i>P. capsici</i>	27
Figura 2. Tolerancia de <i>P. capsici</i> a diferentes concentraciones de bioactivos.....	28

Figura 3. Altura de las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	29
Figura 4. Diámetro basal de las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	30
Figura 5. Números de hojas en las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	31
Figura 6. Peso foliar de las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	32
Figura 7. Longitud radicular de las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	33
Figura 8. Peso radicular de las plántulas de <i>O. pyramidale</i>	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de activación del carbón	47
Anexo 2. Reactivos para medios de cultivo	47
Anexo 3. Preparación de los bioactivos.....	47
Anexo 4. Bioactivos de <i>R. graveolens</i> y <i>U. dioica</i>	48
Anexo 5. Prueba de patogenicidad	48
Anexo 6. Placas de Petri con siembra del hongo <i>P. capsici</i>	48
Anexo 7. Micelio del hongo <i>P. capsici</i>	49
Anexo 8. Plántulas de <i>O. pyramidale</i> post inoculación.....	49
Anexo 9. Registro de variable peso foliar, peso radicular y longitud radicular	49
Anexo 10. Crecimiento micelial del hongo <i>P. capsici</i> con bioactivos y control.....	50
Anexo 11. Registro de datos en libreta de campo	50

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Efecto del carbón activado y bioactivos en el control del hongo <i>Phytophthora capsici</i> en <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa)			
Autor:	Mendoza Velez Geraldine Maittee			
Palabras clave:	Bioactivos	Ruda	Ortiga	Carbón activado
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen:	La especie forestal y maderera <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb. posee gran demanda en el mercado internacional. Se cultiva de forma natural y por reforestación, especialmente en la selva sub-tropical de Ecuador, donde es uno de los recursos forestales y maderables de superior aprovechamiento; siendo uno de los rubros económicos de importancia en nuestro país, y llamado en el comercio internacional balso ecuatoriano. Aunque es una especie con gran demanda comercial, no está exenta a ataques de patógenos y enfermedades. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del carbón activado y bioactivos para el control de la muerte regresiva causada por el hongo <i>Phytophthora capsici</i> en <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa), para llevar a cabo esta investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A x B (a: tratamientos y b: concentración) con 3 repeticiones y 4 unidades por repetición, distribuyendo 3 tratamientos en concentraciones de 10 y 20% además de un control. Posterior a la inoculación y aplicación de tratamientos se tomaron datos cada 8 días, registrando promedios entre los tratamientos y control, de acuerdo a la variable altura (14 cm y 18,83 cm), diámetro basal (0,32 mm y 0,50 mm), número de hojas (3 y 6 hojas), peso foliar (1,72 g y 2,70 g), longitud radicular (17,73 cm y 27,97) y peso radicular (1,06 g y 2,03 g), en cuanto a nivel <i>in vitro</i> con el tratamiento carbón al 20% obtuvo un menor crecimiento micelial (4,49 mm) y entre los bioactivos a base de ruda y ortiga, el de ruda al 20% obtuvo un menor desarrollo (4,13 mm) del hongo <i>P. capsici</i> en las cajas de Petri.			
Descripción:	63 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD			
URL:				

INTRODUCCIÓN

La especie *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. es un árbol nativo de los bosques tropicales. Esta especie puede alcanzar 30–40 m de altura, 60–120 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) y copas de hasta 40 m a la edad de 15 años. *O. pyramidale* conocida popularmente como balsa y madera de balsa, con distribución natural en toda América, desde el sur de México hasta Bolivia, norte de Brasil y las Antillas (1).

Mientras que González *et al.* (2), mencionan que es una especie forestal y maderera que posee gran demanda en el mercado internacional. Se cultiva de forma natural y por reforestación, singularmente en la selva sub-tropical de Ecuador, donde es uno de los recursos forestales y maderables de superior aprovechamiento; siendo uno de los rubros económicos de importancia en nuestro país, y llamado en el comercio internacional balso ecuatoriano. La especie ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, desde su reforestación hasta su posterior transformación, convirtiéndola en la madera de balsa de mayor calidad a nivel mundial. A nivel comercial en la cuenca del río Guayas en Ecuador, se obtiene el 95% de la cosecha mundial.

Sin embargo, pese a la buena calidad y alta demanda en el mercado esta especie, se ha visto afectada por el hongo *Phytophthora capsici* provocando muerte regresiva, tomando en consideración lo anterior, este proyecto de investigación se basó en aplicar tratamientos con bioactivos y carbón activado para el control de la enfermedad, cabe mencionar que existe limitada información sobre controles y/o tratamientos para la misma.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

O. pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. es una especie forestal pionera de gran importancia comercial en Ecuador, principalmente en la provincia de Los Ríos, de donde se obtiene el 95% de la producción mundial (3).

Phytophthora capsici es un patógeno altamente dinámico y destructivo de los vegetales, entre ellos, *O. pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. La epidemiología varía según la ubicación geográfica, el huésped, la parte de la planta infectada y las condiciones ambientales. Mantiene gran impacto por la pérdida de cultivos (4), ya que presenta daños en la parte aérea, ramas y sistema radical (5). Es una de las enfermedades más destructivas a nivel mundial (6). Esta enfermedad requiere un manejo integral (7), con medidas de control químico y cultural, las cuales, no siempre logran disminuir el inóculo formado por zoosporas con alta movilidad en el suelo (6).

- **Diagnóstico**

Los hongos son los principales agentes causantes de enfermedades en especies forestales llegando a atacar diferentes partes de las plantas, y a su vez, afectan la producción de cultivos a nivel mundial, trayendo como consecuencias pérdidas, no sólo la muerte de los individuos sino también pérdidas económicas. Tomando en cuenta lo descrito, es necesario integrar estudios que tengan más efectividad para el control de enfermedades.

- **Pronóstico**

La ejecución de esta propuesta permitió evaluar los efectos del carbón activado y bioactivos, determinando así su efectividad para controlar la enfermedad causada por hongos *P. capsici* en *O. pyramidale*.

1.1.2. Formulación del problema

¿El carbón activado y bioactivos permitirá controlar el crecimiento micelial de *P. capsici* en *O. pyramidale*?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué efecto tiene el carbón activado en el control del hongo *P. capsici*?

¿*P. capsici* es tolerante al tratamiento de diferentes concentraciones de bioactivos?

¿La adición de carbón activado y bioactivos controla el crecimiento micelial de *P. capsici* in vitro y en vivero?

1.3.4. Delimitación del problema

O. pyramidale es afectada por *P. capsici*, ocasionando la enfermedad conocida como “muerte regresiva” y existe limitada información de su control utilizando carbón activado y bioactivos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del carbón activado y bioactivos para el control de la muerte regresiva causada por el hongo *Phytophthora capsici* en *Ochroma pyramidale*

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del carbón activado en el control de *P. capsici*

- Determinar la tolerancia de *P. capsici* al tratamiento de diferentes concentraciones de bioactivos
- Comparar la influencia de la adición de carbón activado y bioactivos en el control del crecimiento micelial de *P. capsici* a nivel de vivero

1.4. Justificación

O. pyramidale perteneciente a la familia Bombacaceae conocida como "balsa", es una especie maderable que crece silvestre en la selva amazónica. Se cultiva de forma natural y por reforestación. Constituye uno de los principales recursos forestales de interés económico del Ecuador. Su madera se utiliza en la construcción de viviendas, embarcaciones, fabricación de numerosos utensilios de uso doméstico y artesanías. En algunas zonas de Latinoamérica se le otorga también usos medicinales, especialmente a la corteza, hojas y raíces (8)(9).

La incidencia y severidad de la enfermedad conocida como “muerte regresiva” originada por *P. capsici*, ha aumentado significativamente en las últimas décadas, afectando a algunas especies forestales como *O. pyramidale*, *Tectona grandis*, entre otras, por lo que el gobierno ecuatoriano ha establecido, desde el año 2013, el programa de incentivos forestales (10)(11) para promover el establecimiento de cultivos de estas especies.

Lo indicado, permite considerar la necesidad de realizar este estudio para determinar el efecto del carbón activado y bioactivos para el control de la muerte regresiva causada por el hongo *P. capsici* en *O. pyramidale*.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Fundamentación conceptual

2.1.1. *Plantaciones forestales*

Una plantación forestal es un área dedicada al cultivo de especies para la extracción comercial de madera o la conservación de servicios ambientales. Alrededor del 7% de los bosques del mundo (290 millones de ha) corresponden a plantaciones, de las cuales aproximadamente la mitad son para producción comercial. Por otro lado, se cree que los bosques plantados pueden ayudar a proteger la biodiversidad, incluso las especies en peligro de extinción, porque se asemejan más a la complejidad estructural de los bosques nativos que los sistemas de producción como la agricultura y la ganadería (12).

2.1.2. *Especie forestal*

Se considera como especie forestal a una planta perenne, de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo, que es fuente de materia prima para los diferentes tipos de industria forestal como aserraderos, fábricas de tableros, de chapas, fósforos, celulosa, aceites esenciales, resinas y taninos (13).

2.1.3. *Muerte regresiva*

La enfermedad muerte regresiva se presenta de forma descendente causando clorosis posteriormente la muerte, conforme avanza la enfermedad el árbol tratará de luchar emitiendo brotes, pero de todos modos se marchitarán, todos estos síntomas son ocasionados por varios hongos, a lo que se denominará complejo fúngico (14).

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. *Descripción de la especie forestal*

La madera de *O. pyramidale* preciso al bajo peso específico que tiene es altamente empleada como material térmico, aislante, eléctrico y acústico. La demanda de productos que emplean esta madera es cada vez mayor, por lo que es importante tener en consideración

el rápido crecimiento de esta madera y la suavidad de la misma. En el Ecuador el crecimiento de *O.pyramidale* es acelerado, debido a la ubicación geográfica del país y la disponibilidad de 13 horas luz a lo largo del día (15).

2.2.1.1. Taxonomía.

Según Zambrano (16), menciona que la clasificación taxonómica de *O. pyramidale* es la siguiente como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Descripción taxonómica de la especie.

Taxonomía	
Nombre científico	<i>Ochroma pyramidale</i>
Reino	Plantae
División	Spermatophyta/Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae (Bombacoideae)
Genero	<i>Ochroma</i>

2.2.1.2. Distribución.

Barre (17), expone que está ampliamente distribuida en América tropical, su área de distribución natural se extiende desde Cuba hasta Trinidad y en el continente desde el sur de México a través de América Central hasta Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador y Venezuela. En Centroamérica, el árbol crece en Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Además, se ha introducido en Indonesia e India.

2.2.1.3. Descripción botánica.

Árbol perennifolio de 50-90 cm de diámetro y 20-30 m de altura, con raíces tubulares pequeñas en los troncos grandes. El tronco es llano, y se ramifica desde los 10 m de altura. Corteza externa lisa o con lenticelas, de color blanco grisáceo o pardo oscuro. La copa es

extensa, despejado, con ramas gruesas y extendidas. La madera es ligera y muy suave. Las hojas están dispuestas en forma alterna, son simples, con base cordada, grandes redondeadas a ovadas y 3-5 lóbulos en el ápice, haz verde oscuro, de margen entero, glabro y envés verde claro, pubescente, y venación palmada. Las flores son hermafroditas, solitarias, dispuestas en el extremo de las ramitas sobre pedúnculos de hasta 20 cm de largo. De simetría actinomorfa, cáliz rojizo, tubular con 5 sépalos, corola con 5 pétalos amarilloblanquecinos con bordes rojizos y ovario súpero, pentalocular con numerosos óvulos anátropos. Los frutos son cápsulas alargadas, las semillas son elongadas y pequeñas con extremos acuminados y muy livianos (9).

2.2.1.4. Ecología.

Barre (17), indica que el *O. pyramidale* es un pionero tradicional, colonizador de claros. En condiciones naturales, ocurre hasta los 1000 m de altitud, en áreas con una precipitación anual de 1250-3000 mm y una temperatura media anual de 22 °C. Soporta una estación seca de hasta cinco meses, pero solo si la humedad relativa normalmente no desciende por debajo del 75%. Crece con preferencia por los llanos aluviales, en suelos profundos, ricos, bien drenados o volcánicos. Los sitios inferiores retardan el crecimiento y producen madera de mayor densidad (más de 160 kg/m³), lo que no es de interés comercial.

2.2.1.5. Hábitat y requerimientos ambientales

Este árbol se encuentra comúnmente alrededor de lagos y en sitios perturbados, más raramente en bosques maduros. Crece tanto en bosques tropicales húmedos como secos, a altitudes de hasta 1200 m. En la Amazonía, se encuentra principalmente en las regiones occidentales. El árbol de balsa también se planta en regiones tropicales de todo el mundo. Las semillas muy pequeñas deben recolectarse de árboles en pie y pueden almacenarse durante varios años en sacos de yute o en contenedores cerrados. Se pueden sembrar directamente en el campo o en el vivero (17).

O. pyramidale necesita de un clima cálido y húmedo. La cantidad mínima de precipitación que soporta es de alrededor de 1500 mm anuales, excepto a lo largo de

corrientes de agua, en donde el nivel del agua subterránea se encuentra cerca del área y puede ser absorbida por las raíces; igualmente esta especie demanda una rica provisión de nutrientes y un suelo bien drenado. De hecho, se reporta que los árboles de balsa mueren con simplicidad debido a las inundaciones (2).

2.2.2. Taxonomía de *Phytophthora capsici*

Según Jiménez (18), la clasificación taxonómica de *P. capsici* es la siguiente como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Descripción taxonómica de la especie.

Taxonomía	
Reino	Chromista
Superfilo	Heterokonta
Filo	Pseudofungi
Clase	Oomycetes
Orden	Peronosporales
Familia	Peronosporaceae
Genero	<i>Phytophthora</i>

2.2.2.1. Ciclo de vida de *Phytophthora capsici*.

Jiménez (18), menciona que se produce por medios sexuales y asexuales, el patógeno produce dos tipos de apareamiento conocidos como A1 y A2. Estos son en realidad tipos de compatibilidad y no corresponden a formas dimórficas. Cada tipo de apareamiento produce hormonas que son responsables de la diferenciación de gametangia en el tipo de apareamiento opuesto. Los tipos de apareamiento A1 y A2 son comunes y se han identificado dentro de la misma planta, *P. capsici* produce un gametangio masculino, llamado anteridio, y un gametangio femenino, llamado oogonio.

Las oosporas pueden germinar directamente a través de la formación de un tubo germinal o indirectamente a través de la formación de esporangios. El patógeno también se

reproduce asexualmente a través de esporangios que se transmiten a esporangióforos ramificados. Los esporangios se desprenden fácilmente del esporangióforo y pueden dispersarse dentro de los campos por el viento, la lluvia y el agua de riego (18).

2.2.2.2. Características morfológicas.

Las colonias son densas, con hifas aéreas numerosas, largas, algodonosas y suavemente radiadas. A través del microscopio se observa micelio hialino, de diámetro irregular, ramificado, no toruloso, con sectores mostrando hinchazones y vesículas. El crecimiento y aspecto de las colonias es semejante en los distintos medios de cultivo, aunque algo más algodonosa en algunos. Los esporangios se producen en cantidad distintas, de tamaño y formas variables, ovoides, con una vacuola central y papila prominente, caducos, generalmente con una papila, largos pedicelos persistentes, simétricos o a veces asimétricos. El micelio no posee paredes cruzadas, los esporangióforos son finos y ramificados, con esporangios ovoides que producen zoosporas. El micelio es típicamente abundante en el aire húmedo, que aparece como un crecimiento de mildiú velloso debajo de las hojas (18).

2.2.2.3. Distribución.

Después de su primera identificación, *P. capsici* fue rápidamente reconocido en importantes regiones productoras de los Estados Unidos. Después de Nuevo México, el patógeno se identificó en California, en la década de 1920, en Colorado, Florida, Arizona y Nueva York en la década de 1930, Texas en la década de 1940, New Jersey en la década de 1960, Hawai en 1970 y en Carolina del Sur, Michigan e Illinois. Hoy en día es probable que *P. capsici* esté establecida en diferentes estados y países, considerándose una enfermedad global (19).

2.2.2.4. Biología de *Phytophthora*.

Phytophthora es un straminipila, relaciona con algas que contienen clorofila y transportada por el agua. Muchas especies son transmitidas por el suelo, las especies de *Phytophthora* causan la mayoría de los daños en las partes aéreas de los cultivos arbóreos

tropicales, ocasionando tizones foliares, chancros del tronco y pudriciones del fruto y del cogollo. En áreas tropicales húmedas no necesita sobrevivir a estaciones frías en ausencia del tejido del huésped están siempre presentes y la infección es posible durante todo el año (20).

2.2.3. Carbón activado

El carbón activado (CA) es uno de los materiales adsorbentes más conocidos y más utilizados hoy en día, pudiendo aplicarse en la industria y en la medicina, volviéndolo un material muy estudiado por la ciencia de materiales. Este material está basado en diversas materias primas las cuales deben de contar con una activación previa para poder ser CA, estos procesos de activación se han aplicado ampliamente a los precursores de tipo biomasa los cuales han mostrado un gran interés últimamente en diversos estudios científicos gracias al hecho de poder obtener un CA de manera sustentable. Y es esta extensa gama de carbón activado basado en su precursor, lo que lo vuelve muy diverso al momento de seleccionarlo para su aplicación, debido a que pueden ofrecer propiedades diferentes, siendo las más notorias al momento de comparar varios CA: la porosidad, la composición química superficial, el contenido de cenizas y el área superficial (21).

Mientras que Cuchut y Murillo (22), mencionan que el carbón activo es un material poroso y sin sabor que se distingue del carbono elemental mediante la eliminación de todas las impurezas que no son de carbono y la oxidación de la zona del carbono. Es un componente esencial de muchos medios de cultivos de tejidos vegetales cultivados y los medios mediante la absorción de compuestos tóxicos como los polifenoles liberados por los tejidos cultivados.

2.2.3.1. Características.

El carbón activado domina la virtud de adherir o reservar en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) que se encuentran diluidas en el líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es el encargado de purificar, deodorizar y decolorar el agua u otros líquidos o gases que entren en conexión

con el elemento adsorbente. En la actualidad, el carbón activado puede ser fabricado a partir de cualquier material abundante en carbono, pero sus propiedades estarán muy influenciadas por la naturaleza de la materia prima con que es originado y por la calidad del proceso de activación (23).

2.2.3.2. Producción del carbón activado.

Ramírez *et al.* (24), mencionan que la producción de carbón activado involucra dos etapas: la carbonización de la materia prima y la posterior activación del carbonizado en el ambiente oxidativo. La carbonización compromete la descomposición térmica destinada a la eliminación de la materia volátil (MV) y la fabricación de carbono fijo (CF) con desarrollo de porosidad. Parámetros como el tipo de biomasa, tiempo, temperatura y tipo de activación definen la porosidad avanzada en el material.

2.2.4. Tipo de extracción

2.2.4.1. Maceración.

Se comprende por maceración al contacto alargado durante cierto periodo de la droga con el menstruo constituyendo un conjunto homogéneamente mezclado en el cual menstruo actúa a la vez sobre todas las proporciones de la droga, circulando a través en todas las direcciones y sentidos, disolviendo sus principios activos hasta producirse una concentración en equilibrio con la del contenido celular (25).

Mientras que para Duarte *et al.* (26), la maceración es unido con la extracción Soxhlet y la hidrodestilación, uno de los métodos tradicional de extracción de sustancias bioactivas. Consiste en poner en contacto la matriz sólida con el solvente durante un tiempo establecido. La matriz compacta es el material biológico seco en polvo. El solvente, incluso conocido como menstruo, es un líquido de naturaleza general como el agua, alcoholes alifáticos de hasta tres carbonos (normalmente etanol) o la mezcla de ambos. La unión de la matriz sólida con el solvente se nombra tintura. La maceración es un procedimiento que pese a ser sencillo, inocuo y de bajo costo, produce baja eficiencia.

2.3. Fundamentación referencial

2.3.1. Aplicación de bioactivo a partir de *Ruta graveolens* (ruda)

Reyes *et al.* (27), mencionan que el objetivo de su investigación fue evaluar el efecto del extracto etanólico de ruda en el desarrollo y producción de esporas del moho *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum*. En los resultados obtenidos menciona que el extracto de ruda disminuyó la densidad micelial de las cepas estudiadas, demostrando que se puede inhibir el crecimiento (53%-81%), la esporulación y la germinación de *Trichoderma* en niveles superiores al 90% utilizando extractos naturales.

Bernal (28), en su investigación planteo como objetivo determinar el mejor extracto etanólico que inhiba el crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro, utilizó varias plantas entre ellas *R. graveolens* donde menciona que estadísticamente el extracto etanólico de ruda y manzanilla tuvieron un efecto sobre el crecimiento micelial del hongo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Microbiología ubicado en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se encuentra localizada a una longitud de 79° 28’ 30’’ O y latitud 01° 02’ 24’’ S, en el km. 7½ vía Quevedo-El Empalme a una altura entre 75 a 80 m.s.n.m.



Ilustración 1. Localización del área de estudio

Fuente: Google maps (2022).

3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación fue de tipo descriptivo y exploratorio, debido a que en el cantón Quevedo no se han reportado estudios de aplicación de carbón activado y bioactivos para el control de muerte regresiva ocasionada por *P. capsici*, por lo que concede importancia al presente estudio.

3.3. Método de investigación

Se empleó el método deductivo para realizar el planteamiento del problema y establecer el marco teórico.

También se empleó el método inductivo para interpretar los resultados y conclusiones.

3.4. Fuentes de recopilación

Fuente primarias: por medio de la investigación en el sitio y mediante la observación de los cambios de las variables tratadas en el estudio se pudo obtener los datos necesarios para llevar a cabo la conclusión de los resultados.

Fuentes secundarias: consistió en la búsqueda de información pertinente a través de los diferentes medios digitales de divulgación científica, artículos científicos, periódicos, libros, entre otros.

3.5. Diseño de investigación

3.5.1. *Diseño experimental*

En el proyecto de investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial A x B (a: tratamientos y b: concentración) con 3 repeticiones y 4 unidades por repetición.

3.5.1.1. *Factores de estudio y tratamientos.*

Los factores de estudio que fueron utilizados en la presente investigación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Factores de estudio

Factor A: Tratamientos	B1	Ortiga (<i>U. dioica</i>)
	B2	Ruda (<i>R. graveolens L</i>)
	CA	Carbón activado
	C	Control (agua destilada)
Factor B: Concentración	C1	10%
	C2	20%

Con la conjugación de los dos factores se crearon 6 tratamientos adicionando 1 como control (testigo absoluto), a continuación, se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	
N°	Detalles
T1	Ruda 10%
T2	Ruda 20%
T3	Ortiga 10%
T4	Ortiga 20%
T5	Carbón activado 10%
T6	Carbón activado 20%
T7 (control)	Agua destilada

3.5.2. Obtención del carbón activado

El carbón activado se obtuvo a partir de la cascarilla de arroz, de la variedad *Oriza sativa*.

3.5.2.1. Activación física.

En el proceso de activación física, la cascarilla de arroz fue sometida de manera directa a carbonización. Se utilizó la cascarilla de arroz deshidratada a temperatura ambiente, la cual fue molida y tamizada. Se pesó y llevó a mufla 5 gramos de la materia prima a 500 °C por 2 horas.

3.5.2.2. Activación química.

Luego de la obtención del carbón, se procedió a pesar 3 gramos y se impregnó con una solución concentrada de ácido fosfórico al 85% en una proporción 1:5, es decir, 1 gramo de materia prima con 5 ml de ácido fosfórico y se dejó en contacto por 24 horas. Al cumplirse el lapso establecido, se realizó varios lavados con agua destilada seguida de filtración, manteniendo un control constante del pH en cada lavada, también se adicionó hidróxido de sodio a 1 Molar para regular la muestra a un pH neutro. Posteriormente, se secó en estufa a 200 °C durante 2 horas (hasta tener un peso constante).

3.5.3. Proceso de selección de plantas para obtener bioactivos

Se seleccionó dos especies vegetales vinculadas a los cultivos de la zona con propiedades antihongos. Para ello se consultó diversas fuentes referentes a las propiedades antifúngicas de las plantas. De esta manera se procedió a seleccionar las especies señaladas en la tabla 3.

Tabla 5. Especies seleccionadas asociadas a los cultivos de la zona de estudio con propiedades antifúngico

N°	Nombre común	Nombre científico
1	Ortiga	<i>Urtica dioica</i>
2	Ruda	<i>Ruta graveolens L</i>

3.5.3.1. Obtención de bioactivos.

Método de maceración

Se adquirió 1 lb de ruda y 1 lb ortiga las cuales fueron utilizadas para obtener bioactivos, se procedió a separar las hojas de las ramas, luego se pesó 100 gramos del material vegetal, se lo colocó en un vaso de precipitación adicionando 200 ml de metanol 96° GL, se deshidrató por 2 horas a temperatura ambiente. Luego que transcurrió ese lapso, se trituró todo el material vegetal. Posteriormente, se procedió a dejar en reposo por 24 horas a temperatura ambiente cubriendo el vaso de precipitación con papel de aluminio, se filtró y

se colocó en un calentador/agitador a 100 rpm a 150 °C para su evaporación, finalmente se lo dejó en refrigeración hasta su uso.

3.5.4. Variables a evaluar

- Crecimiento radial del hongo, luego que se haya sembrado el patógeno en el PDA con las distintas concentraciones de bioactivos y carbón activado, después de 5 días se procedió a tomar mediciones del diámetro de la colonia utilizando un calibrador.
- Altura de la planta, se tomó datos de la altura tomando desde la base de la planta hasta la última hoja visible, usando cinta métrica.
- Diámetro basal, se midió el diámetro basal con calibrador apuntando datos en centímetro
- Número de hojas, se realizó la contabilización de la cantidad de hojas de cada tratamiento con inoculación y del control sin inoculación.
- Peso foliar, se registró el peso utilizando una balanza de precisión, cortando las hojas de cada tratamiento.
- Longitud de raíces, se realizó la medición de la longitud de la raíz de cada tratamiento con inoculación y del control sin inoculación.
- Peso radicular, se registró el peso utilizando una balanza, las raíces será, lavadas con agua hasta quitar el exceso de sustrato con la intención de que los datos sean lo más homogéneos posible.

3.6. Análisis estadístico

Para la estimación del mejor tratamiento para el control de muerte regresiva se aplicó un diseño completamente al azar con siete tratamientos con arreglo factorial (a x b), lo cual tuvo tres repeticiones con cuatro unidades cada una. Se utilizó el software estadístico InfoStat para determinar las diferencias se empleó el procedimiento ADEVA con la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

3.7. Manejo del experimento

3.7.1. Determinación de propiedades antifúngicas de los bioactivos y carbón activado a nivel in vitro

Se tomó diferentes concentraciones de cada extracto en ml y se adicionará PDA hasta que alcance 100 ml. Se sembró en el centro de la caja Petri el micelio de *P. capsici* y se incubó a 28 °C durante 72 horas, se utilizó el mismo procedimiento, pero el PDA sin extracto como testigo absoluto.

3.7.2. Crecimiento del patógeno

Se dejó crecer en medio de cultivo V8 durante 72 horas en fotoperiodo 12/12 a 28 °C en una incubadora microbiológica transcurrido el periodo de incubación se replicó las zonas que emitieron mayor número de esporangios a un medio de cultivo V8 sin exposición a fotoperiodo durante 48 horas.

3.7.3. Inoculación del hongo en las plántulas de O. pyramidale y aplicación del carbón activado y bioactivos

La inoculación se realizó en el tallo debajo del primer cotiledón, a 1,5 cm sobre el nivel del suelo. Se desinfectó el área a realizar la incisión, utilizando algodón previamente húmedo de alcohol, con un bisturí esterilizado se realizó el corte que comprometió la corteza y xilema del individuo. Dentro de la herida se introdujo una sección de colonia del hongo previamente extraído de la placa de Petri con un bisturí. Una vez inoculadas las plantas, se

aplicó carbón activado, bioactivos y agua destilada para llevar el control y comprobar la efectividad.

3.6. Recursos y materiales

3.6.1. *Materiales de oficina*

- Computador
- Internet
- Cuaderno
- Lapiceros
- Hojas A4
- Cinta de embalaje
- Impresora

3.6.2. *Material experimental*

- *U. dioica* (ortiga)
- *R. graveolens L* (ruda)
- Cascarilla de arroz
- Carbón activado
- Plantas de *O. pyramidale*

3.6.3. *Material de campo*

- Agua

- Regadera
- Platabanda
- Cañas

3.6.4. Materiales y equipos de laboratorio

- Cinta Parafilm
- Caja Petri
- Vaso de precipitación
- Alcohol
- PDA
- Puntas amarillas
- Cámara de flujo laminar
- Autoclave de laboratorio
- Balanza analítica
- Mufla
- Incubadora
- Bisturí
- Mechero
- Gasa
- Calentador agitador
- Papel toalla

- Papel aluminio
- Guantes de nitrilo
- Fundas de propileno

3.6.5. Reactivos y otros

- Ácido Fosfórico
- Hidróxido de sodio
- Jugo V8
- Agar Agar Powder

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

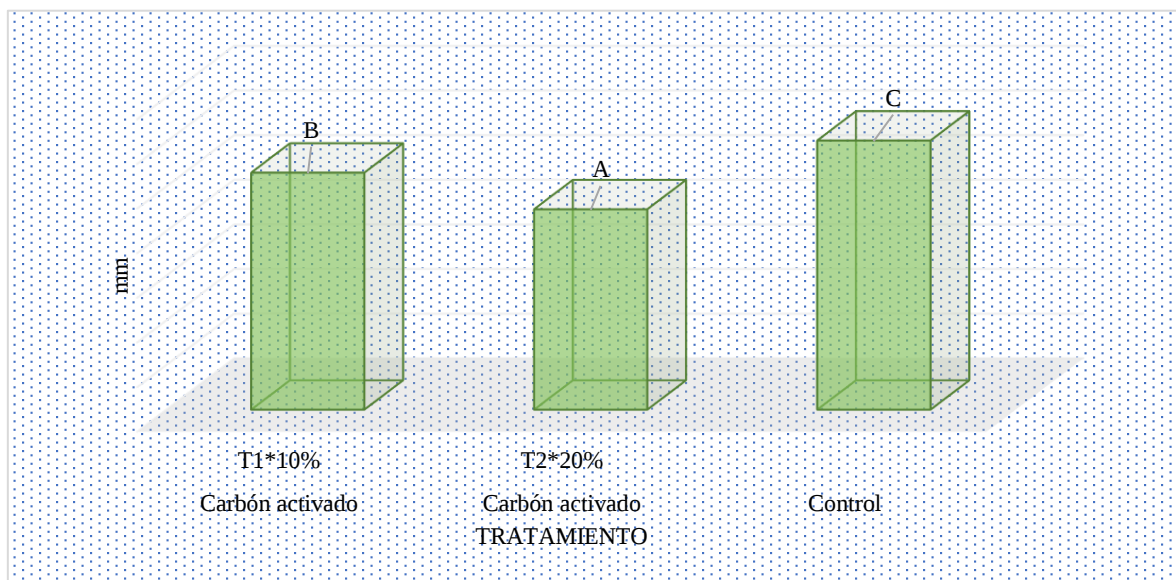
4.1. Resultados

En la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1.1. Efecto del carbón activado en el crecimiento micelial del hongo *P. capsici*

Posterior a la siembra del hongo *P. capsici* en cajas de Petri con el medio de cultivo que contenía PDA (glucosa-papa-agar) y jugo V8 con la adición de carbón activado aplicado al 10 y 20% e incubadas por 5 días a 29 °C, se evidenció que el crecimiento micelial del hongo tuvo un menor desarrollo radial en las cajas de Petri que contenían una concentración de carbón activado al 20% con un promedio de 4,49 mm a diferencia del control que obtuvo un crecimiento de 6,03 mm como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Crecimiento micelial del hongo *P. capsici*



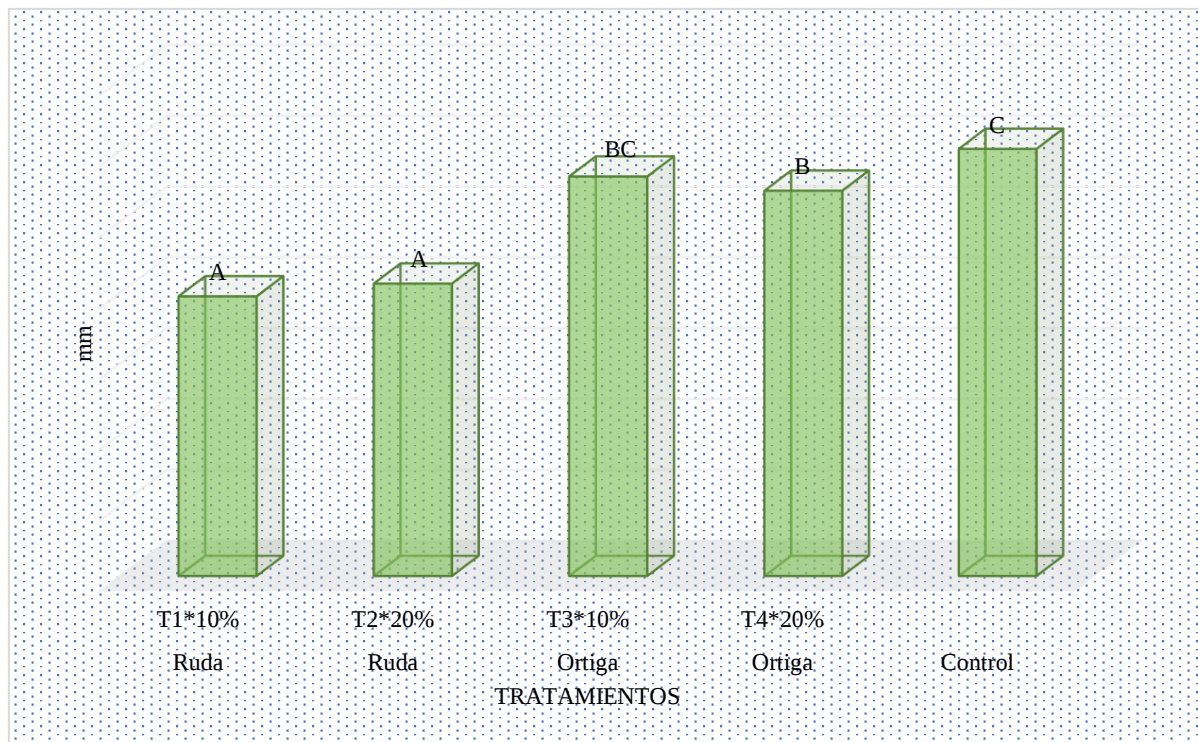
*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p > 0,05$ (test tukey). (Aplica para todos los gráficos).

4.1.2. Tolerancia de *P. capsici* al tratamiento de diferentes concentraciones de bioactivos a nivel *in vitro*

Con los datos obtenidos en el ensayo experimental utilizando cajas de Petri con el medio de cultivo que contenía PDA (glucosa-papa-agar) y V8, al que se agregó bioactivos a base de ruda y ortiga en diferentes concentraciones, se midió en dos periodos; 48 y 96 horas.

Se realizó el análisis de varianza con la prueba de Tukey ($p>0,05$), ocupando el primer lugar el tratamiento Ruda T2*20% con un promedio de 3,95 mm mostrando el mejor porcentaje en cuanto a inhibición, seguido el tratamiento Ruda T1*10% con 4,13 mm existiendo diferencia significativa con el resto de tratamientos y control como se evidencia en la figura 2.

Figura 2. Tolerancia de *P. capsici* a diferentes concentraciones de bioactivos



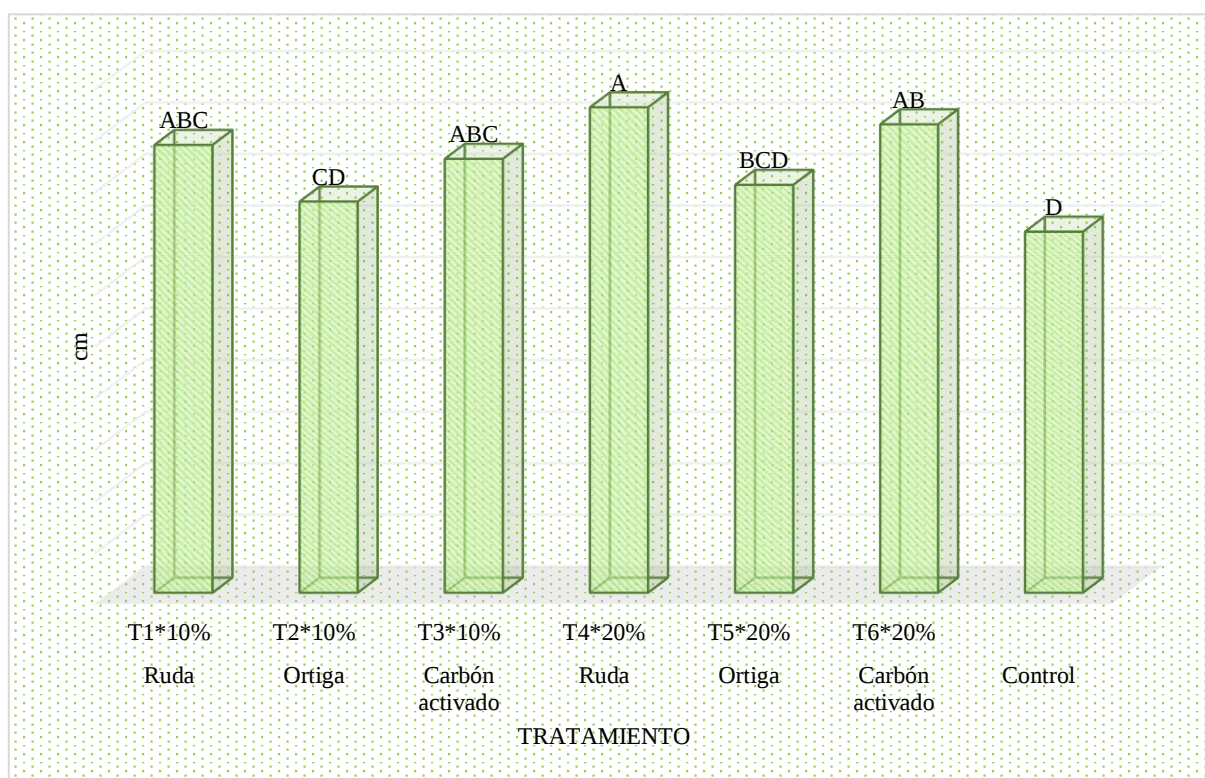
4.1.3. Influencia del hongo *P. capsici* en el desarrollo vegetativo de *O. pyramidale* con la adición de carbón activado y bioactivos a nivel de vivero

4.1.3.1. Variable morfológica: Altura.

Posterior a la inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas de *O. pyramidale* y aplicación de los tratamientos se tomaron datos el día de la inoculación, a los 8 y 15 días, la altura varía según el transcurso de los días, donde se evidenció que las plántulas inoculadas con el hongo y el tratamiento ruda T4*20% tuvieron un buen crecimiento con un promedio de 18,83 cm de altura, mientras que el tratamiento carbón activado T6*20% también obtuvo

un buen promedio con 18,17 cm en comparación con el control que se registró un promedio de 14 cm, figura 3.

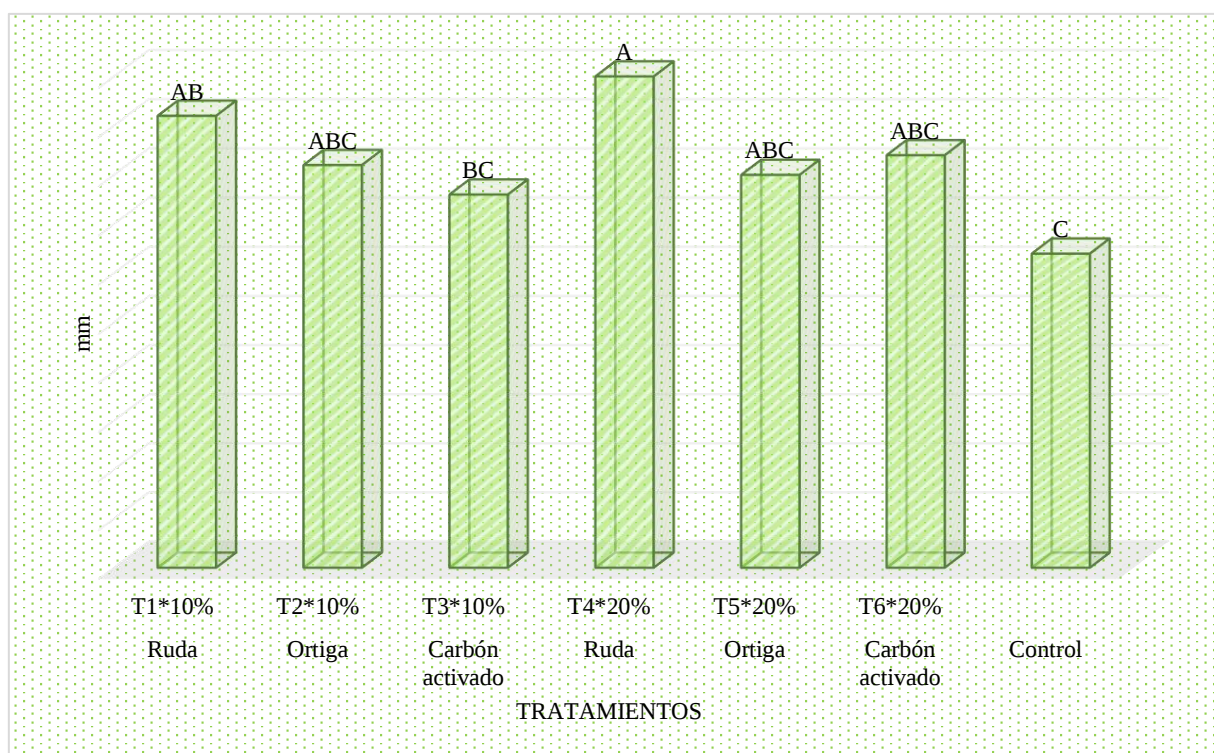
Figura 3. Altura de las plántulas de *O. pyramidale*



4.1.3.2. Diámetro basal

La inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas con cada tratamiento, se tomaron datos el día de la inoculación del patógeno, a los 8 y 15 días, donde se evidenció que el diámetro basal de las plántulas con el tratamiento ruda T4*20% no se vio afectado por la inoculación del hongo teniendo un promedio de 0,50 mm en comparación con el control que se vio afectado en su crecimiento basal, tuvo un promedio de 0,32 mm, en la figura 4 se muestra las diferencias de los tratamientos.

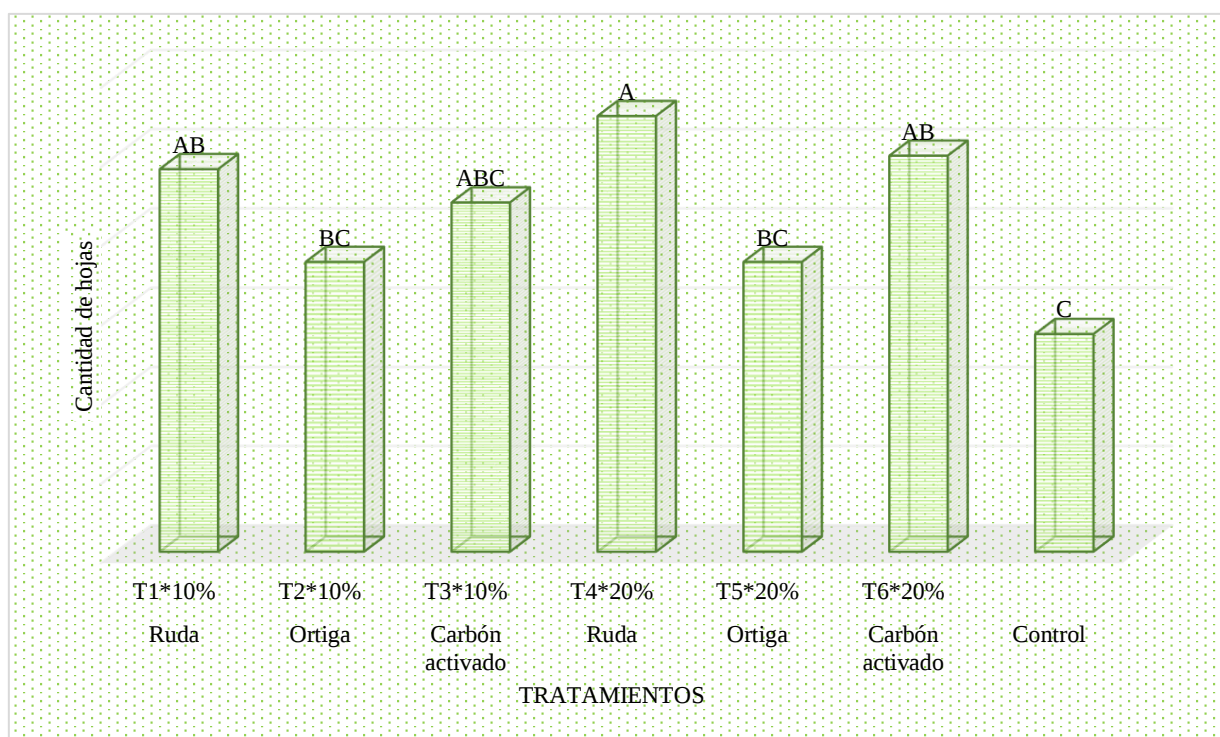
Figura 4. Diámetro basal de las plántulas de *O. pyramidale*



4.1.3.3. Número de hojas

La inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas con cada tratamiento, se tomaron datos a los 8 y 15 días, donde se demostró que en las plántulas con el tratamiento ruda T4*20% tuvieron un promedio de 5 hojas sanas, esto evidenció que no hubo un mayor ataque del hongo en comparación con el control donde se obtuvo un promedio de 3 hojas sanas como se muestra en la figura 5.

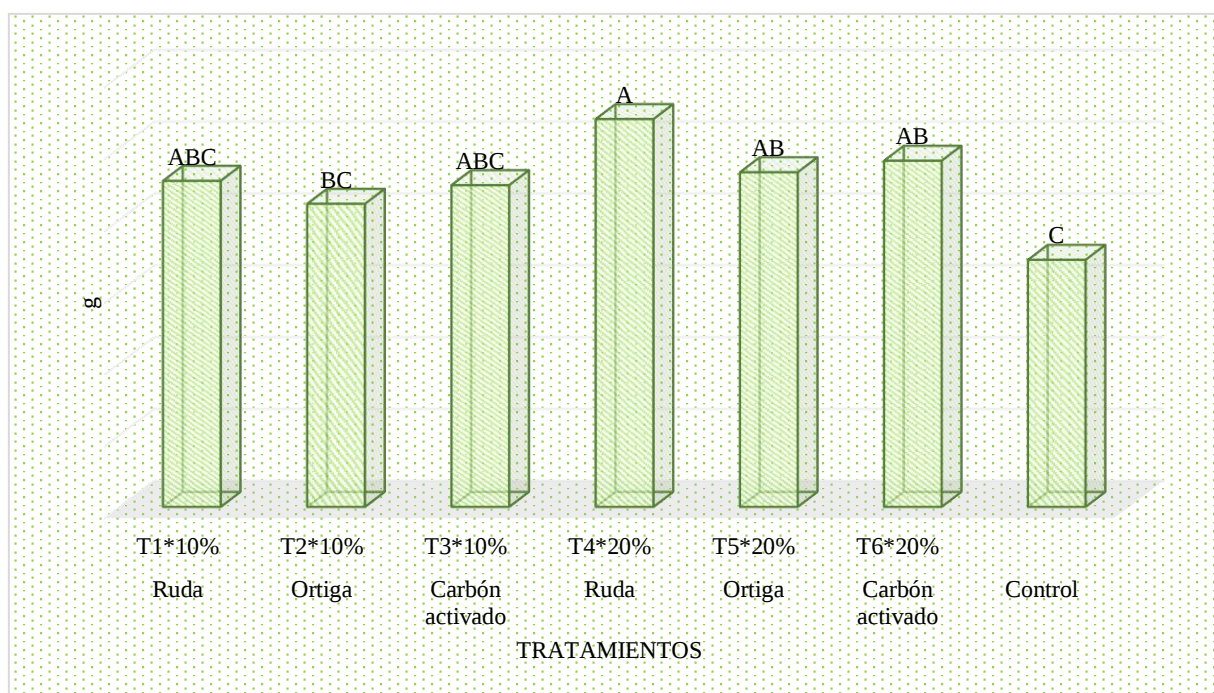
Figura 5. Números de hojas en las plántulas de *O. pyramidale*



4.1.3.4. *Peso foliar*

La inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas con cada tratamiento, se tomaron datos a los 15 días, donde se demostró que en las plántulas con el tratamiento ruda T4*20% tuvieron un promedio de 2,70 g esto evidencia que no hubo un mayor ataque del hongo, mientras que la ortiga T5*20% también tuvo un buen promedio con 2,33 g en comparación con el control donde se obtuvo un promedio de 1,72 g en la figura 6 se muestra las diferencias de los tratamientos.

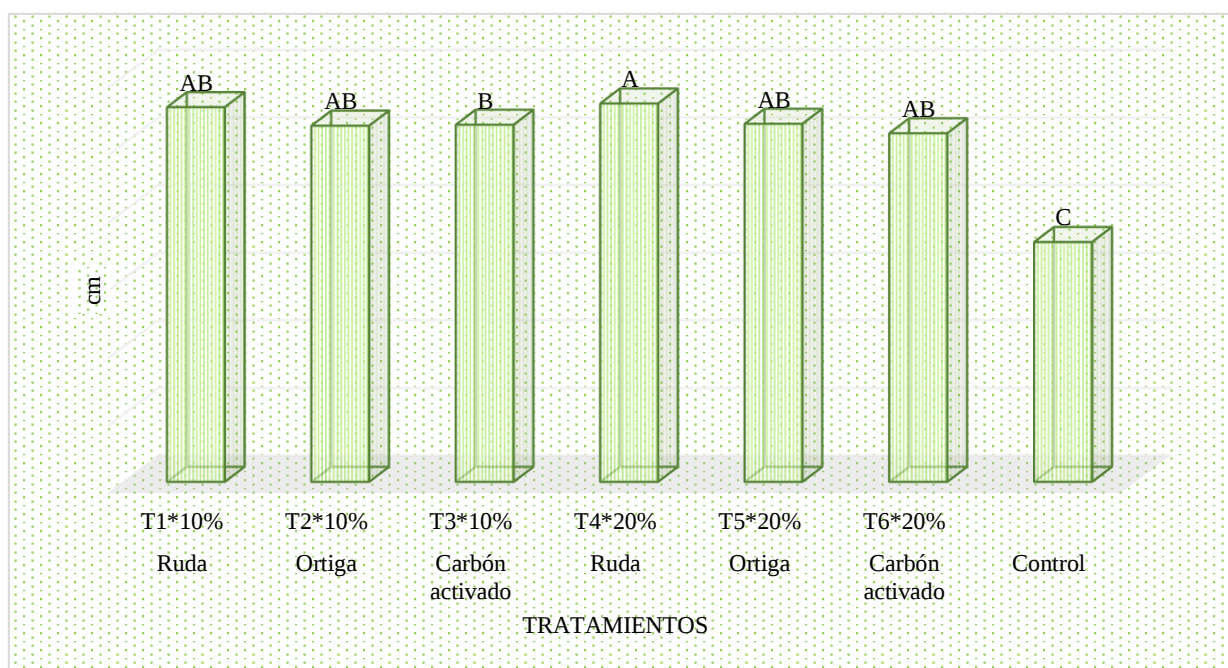
Figura 6. Peso foliar de las plántulas de *O. pyramidale*



4.1.3.5. Longitud radicular

La inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas con cada tratamiento, se tomaron datos a los 15 días, donde se evidenció que en las plántulas con el tratamiento ruda T4*20% tuvieron un promedio de 27,97 cm de longitud radicular, esto evidencia que no hubo un mayor ataque del hongo en el sistema radicular de las plántulas, en el tratamiento ruda T1*10% también se evidenció un menor ataque teniendo un promedio de 27,7 cm de longitud radicular en comparación con el control donde se obtuvo un promedio de 17,73 cm como se observa en la figura 7.

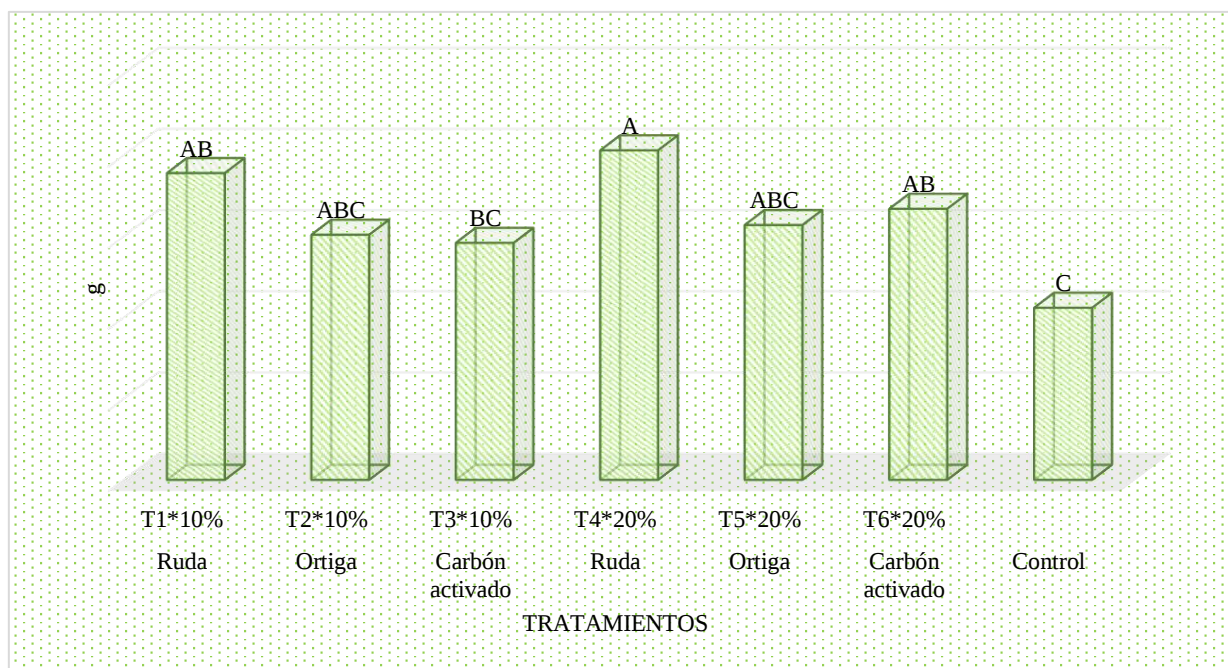
Figura 7. Longitud radicular de las plántulas de *O. pyramidale*



4.1.3.6. *Peso radicular*

La inoculación del hongo *P. capsici* en las plántulas con cada tratamiento, se tomaron datos a los 15 días, donde se evidenció que en las plántulas con el tratamiento ruda T4*20% tuvieron un promedio de 2,03 g esto evidencia que existió un menor ataque por parte del hongo en el sistema radicular de las plántulas de *O. pyramidale*, en el tratamiento ruda T1*10% también se evidenció un menor ataque teniendo un promedio de 1,89 g en comparación con el control donde se obtuvo un promedio de 1,06 g como se contempla en la figura 8.

Figura 8. Peso radicular de las plántulas de *O. pyramidale*



4.1 Discusión

Orellana *et al.* (29), mencionan que el carbón activado es un material que se aplica en varias áreas que van desde la medicina hasta la ingeniería, ya que es utilizado primordialmente como antioxidante y también tiene propiedades antifúngicas, por lo cual en establecimientos *in vitro* regula la fenolización, a la vez posee gran capacidad de absorción por ende limita las condiciones de proliferar microorganismos como los hongos.

Lo que concuerda con los resultados obtenidos, donde se evidenció que se logra obtener buen promedio aplicando el carbón activado como tratamiento para inhibir el crecimiento micelial *P. capsici* a nivel *in vitro*.

De acuerdo a los resultados obtenidos donde se aplicó bioactivos muestra que la inhibición en el desarrollo micelial coincide con estudios ya realizados donde se comprobó que existe compuestos antifúngicos en la ruda, esto concuerda con Reyes *et al.* (27) donde mencionan que existen registros de inhibición de la velocidad de crecimiento micelial a partir de bioactivos de *R. graveolens* (ruda) contra hongos filamentosos como *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinérea*, *Phomopsis viticola* y *Trichoderma viridae*.

Reyes *et al.* (27), mencionaron que el uso de extracto de ruda para la cepa *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* si se observó efecto inhibitorio de la velocidad de crecimiento micelial, principalmente en las primeras 24 horas con una inhibición del 66%, donde se evidenció que el desarrollo micelial fue significativo con respecto al control desde el día 1 hasta el día 5 con una proporción de inhibición de 81,4% al primer día, llegando a cubrir toda la placa al tercer día y el tratamiento con extracto también colonizó la placa dos días después. Esto concuerda con los resultados obtenidos sobre el hongo *P. capsici* donde también se observó una inhibición significativa a las 48 horas.

Jiménez (30), determinó la actividad fungicida de extractos de ruda sobre los hongos *Botryris*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phytophthora* y *Phomopsis* considerados como los principales patógenos de plantas en todo el mundo, lo que concuerda con los resultados ya

que la actividad antifúngica no permite que el hongo *P. capsici* infiera en el crecimiento de las plántulas de *O. pyramidale*. Por lo consiguiente, la aplicación de bioactivos a partir de ruda controla el crecimiento y ataque del hongo *P. capsici* en las plántulas de *O. pyramidale* permitiendo que éste no afecte al sistema radicular y así obtener un buen promedio en la longitud y peso.

Según menciona Figueroa (31), existen algunas especies como *R. graveolens*, *Caléndula officinalis* L., *Allium cepa* L., y otras, que pese a tener un aroma no tan agradable, son consideradas una alternativa natural para el control de insectos plaga, y al contener propiedades antifúngicas impide que las plantas tengan problemas de crecimiento, según lo mencionado se puede evidenciar que el tratamiento de bioactivo a base de ruda (*R. graveolens*) aplicado en las plántulas de *O. pyramidale* inoculadas previamente con el hongo *P. capsici* no mostraron dificultad en el crecimiento basal.

Ivanova *et al.* (32), destacan a la *R. graveolens* como una promisoría planta con actividad antimicrobiana, donde en su investigación identificó cumarina, terpenoides, alcaloides, flavonoides, ácidos alifáticos y cetona, en el bioactivo etanólico a partir de la parte aérea de ruda, también menciona que el componente rutacridona presente en la ruda tiene una buena actividad antifúngica frente a *Colletotrichum fragarie*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Colletotrichum acutatum*, *Fusarium oxysporium*, *Phytophthora capsici* y *Botrytis cinerea*.

Se pudo evidenciar que, en relación a lo descrito anteriormente, el bioactivo de *R. graveolens* utilizado en este trabajo presentó actividad antifúngica frente al hongo *P. capsici* permitiendo un buen desarrollo de hojas verdaderas y peso foliar en las plántulas de *O. pyramidale* en relación al control donde se evidenció que la mayoría de las hojas se marchitaron.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó el efecto del carbón activado en el control de *P. capsici* a nivel in vitro utilizando cajas de Petri donde se aplicó dos concentraciones. Se evidenció que la concentración al 20% logró tener una mayor inhibición con un promedio de 4,49 mm de crecimiento radial frente al control donde el crecimiento radial del hongo fue de 6,03 mm utilizando agua destilada.
- Se determinó la tolerancia de *P. capsici* al tratamiento de diferentes concentraciones de bioactivos donde se obtuvo un promedio de 4,13 mm en el tratamiento ruda T2*20%, frente al control que obtuvo un promedio de 6,03 mm.
- Se comparó la influencia de la adición de carbón activado y bioactivos en el control del crecimiento micelial de *P. capsici* a nivel de vivero, en donde se comprobó que el bioactivos a base de ruda ayudó a que las plántulas no se vean comprometidas tras la inoculación del patógeno, ya que éstas tienen propiedades antifúngicas que permiten controlar el crecimiento y por ende el ataque en el desarrollo morfológico de las plántulas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda hacer ensayos a nivel in vitro en diferentes concentraciones utilizando en carbón activado y evidenciar en que concentración se logra mayor inhibición del patógeno.
- Es necesario evaluar diferentes concentraciones de los bioactivos que conforman los tratamientos propuestos para lograr óptimos resultados donde se evidencie mejor inhibición de los hongos que afectan a *O. pyramidale*.
- Es necesario realizar un estudio de viabilidad económica desde el cultivo de las especies seleccionadas hasta la obtención de los bioactivos para determinar la mejor concentración a aplicar.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Zea J, Soto J, Arce J, Libanio A, Behling A, Agostini G, et al. Improving the Modeling of the Height-Diameter Relationship of Tree Species with High Growth Variability: Robust Regression Analysis of *Ochroma pyramidale* (Balsa-Tree). Forest [Internet]. 2020;313(11). Available from: www.mdpi.com/journal/forests
2. González B, Cervantes X, Torres E, Sánchez C, Simba L. Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la Provincia de Los Ríos-Ecuador. Ciencia y Tecnología. 2010;3(2):7–11.
3. Jalca I, García L, Castro J, Villamar R, Guachambala M. Condiciones óptimas para almacenamiento del polen de *Ochroma pyramidale*. Bosque. 2019;40(2):227–33.
4. Lamour K, Stam R, Jupe J, Huitema E. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. Mol Plant Pathol [Internet]. 2012;13(4):329–37. Available from: <http://genome.jgi-psf.org/Phyca11/Phyca11.home.html>.
5. Aguilar-Ancota R, Carrasco-Espinoza C, Morales-Pizarro A, Yovera-Espinoza F, Maldonado-Duque E. Etiology of regressive dieback by *Phytophthora palmivora* in the crop of cocoa (*Theobroma cacao* L.). Manglar. 2020 Sep 30;17(3):187–92.
6. Hausbeck M, Lamour K. *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops: Research Progress and Management Challenges. Plant Dis. 2004;88(12):1292–303.
7. Kim H, Sang M, Jeun Y, Hwang B, Kim K. Sequential selection and efficacy of antagonistic rhizobacteria for controlling *Phytophthora* blight of pepper. Crop Protection. 2008 Mar;27(3–5):436–43.
8. Zambrano A. Incidencia y severidad de *Coptoborus ochromactonus* en plantaciones de balsa *Ochroma pyramidale* (Cax. Ex Lam) y alternativas biológicas para su manejo. [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
9. Ramos Corrales P. “Balsa” *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Bombacaceae) Etnobotánica, anatomía, ensayos fitoquímicos y actividades biológicas [Internet]. Universidad Nacional de La Plata; 2016 [cited 2022 Apr 23]. Available from:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56011/Documento_completo____.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

10. Castro J. Aspectos biológicos y ecológicos de *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato (Coleoptera: Scolytinae), y la relación de sus hongos asociados en la muerte regresiva de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex. Lam.) Urb. Valdivia, Chile; 2016.
11. MAGAP. Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Subsecretaría de producción forestal. Guayaquil, Ecuador; 2014.
12. Sánchez J, Botero S, Villada T. Mamíferos silvestres en plantaciones forestales: ¿Una oportunidad para su conservación? Caldasia. 2021;43(2):343–53.
13. Aldaz N. Microorganismos eficientes de especies forestales de la provincia de Los Ríos y su efecto en el desarrollo de *Citrus reshni* (mandarina cleopatra). [Quevedo, Ecuador]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
14. Vargas J. Influencia del complejo fúngico en la enfermedad muerte regresiva en Pachaco (*Schizolobium parahybum*). [Babahoyo, Ecuador]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2021.
15. Manzaba España B. Efecto de dos tipos de sustratos sobre el crecimiento inicial en vivero de las especies *Ochroma pyramidale* y *Swietenia macrophylla* [Internet]. [Jipijapa]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2022 [cited 2022 Apr 23]. Available from: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3697/1/Tesis_Bryan%20Manzaba.pdf
16. Zambrano B. Planificación, ejecución y análisis económico de un raleo comercial en una plantación de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) establecida en el sitio Respaldo de Chaume, parroquia Santa María del cantón El Carmen, provincia de Manabí [Internet]. [Quevedo]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2021 [cited 2022 Apr 23]. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6306/1/T-UTEQ-152.pdf>

17. Barre Jaime T. Evaluación del comportamiento de la especie *Ochroma pyramidale* (Balsa) del bosque húmedo, al secado artificial en estufa [Internet]. [Jipijapa]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2021 [cited 2022 Apr 23]. Available from: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3433/1/PROYECTO%20DE%20ITULACION%20%28%28BARRE%20JAIME%29%29LISTO.pdf>
18. Jiménez P. Identificación del agente causal(s) de la pudrición radicular en pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Tumbaco. [Quito, Ecuador]: Universidad Central del Ecuador; 2018.
19. Bosland P, Barchenger D, Lamour K. Challenges and Strategies for Breeding Resistance in *Capsicum annuum* to the Multifarious Pathogen, *Phytophthora capsici*. Front Plant Sci [Internet]. 2018;9(628). Available from: www.frontiersin.org
20. Drenth A, Guest D. Phytophthora: The Plant Destroyer. Palmas [Internet]. 2013;34:49–56. Available from: www.dropdata.org/co-
21. Moreno A, Ríos J, Flores S. Carbón activado: generalidades y aplicaciones. . CienciAcierta. 2021;(66):88–114.
22. Cuchut J, Murillo R. Efecto de tres concentraciones de carbón activo y diferentes fuentes de carbono, en multiplicación de vitroplantas de Papa Imilla Negra (*Solanum tuberosum* L. Ssp.Andigena). Apthapi [Internet]. 2019 [cited 2022 Jun 29];5(2):1616–31. Available from: <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/12/10>
23. Espinoza D. Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador de agua. Quevedo; 2019.
24. Ramírez A, Giraldo S, Flórez E, Acelas N. Preparation of activated carbon from palm oil wastes and their application for methylene blue removal. Revista Colombiana de Química . 2017;46(1):33–41.
25. Carrión A, García C. PREPARACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES: DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE METÓDICA. Cuenca, Ecuador; 2010.

26. Duarte-Trujillo AS, Jiménez-Forero JA, Pineda-Insuasti JA, González-Trujillo CA, García-Juárez M. Extracción de sustancias bioactivas de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) por maceración dinámica. *Acta Biolo Colomb*. 2020;25(1):61–74.
27. Reyes C, Martínez D, Morales P, Sobal M, Escudero A, Ávila J. Efecto del extracto de ruda (*Ruta graveolens*) en el crecimiento micelial de *Trichoderma*. *Rev Mex De Cienc Agric*. 2014 Dec 31;5:1433–46.
28. Bernal J. Evaluación de extractos etanólicos de manzanilla, ajo, llantén, orégano, ruda en el control de *Moniliophthora roreri* a nivel in vitro. [Machala]: Universidad Técnica de Machala; 2021.
29. Orellana J, Morales V, Guerrero R. Crbón Activado en Dentífricos: Moda o una Opción en la Limpieza Bucal. *Salud y Administración*. 2020;7(19):59–63.
30. Jimenez E. Efecto de los extractos polares de *Ruta graveolens*, *Nicotiana tabacum* y *Chrysanthemum morifolium* sobre el hongo *Botrytis cinerea* de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). [Pereira]: Universidad Tecnológica de Pereira; 2013.
31. Figueroa M. Plantas con principios alelopáticos utilizados en el manejo integrado de insectos plagas. [Babahoyo]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2022.
32. Ivanova A, Mikhova B, Najdenskib H, Tsvetkovab I, Kostova I. Antimicrobial and cytotoxic activity of *Ruta graveolens*. *Fitoterapia*, 76(3-4), 344–347 | 10.1016/j.fitote.2005.02.008. *Fitoterapia*. 2005;76:344–7.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1 Anexos

Anexo 1. Proceso de activación del carbón



Anexo 2. Reactivos para medios de cultivo



Anexo 3. Preparación de los bioactivos



Anexo 4. Bioactivos de *R. graveolens* y *U. dioica*



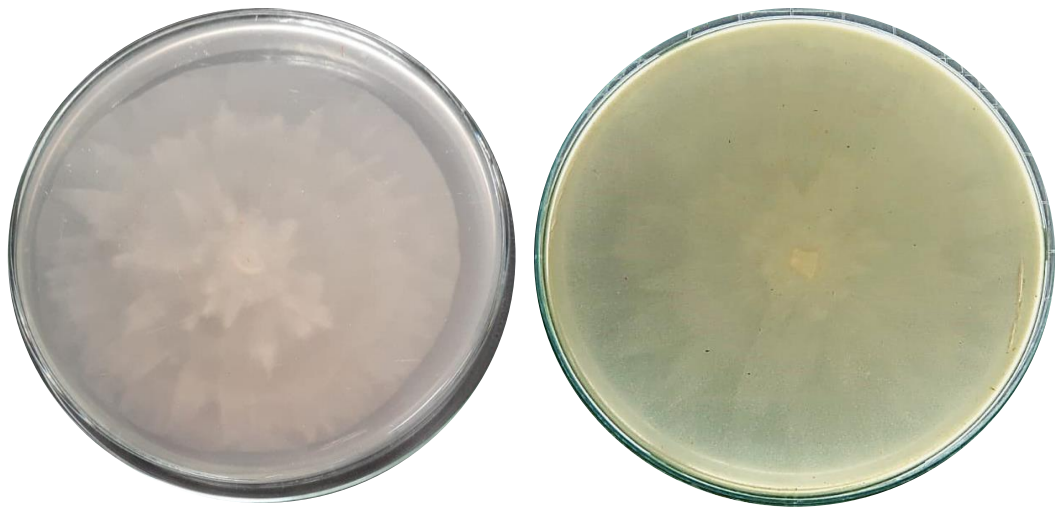
Anexo 5. Prueba de patogenicidad



Anexo 6. Placas de Petri con siembra del hongo *P. capsici*



Anexo 7. Micelio del hongo *P. capsici*



Anexo 8. Plántulas de *O. pyramidale* post inoculación



Anexo 9. Registro de variable peso foliar, peso radicular y longitud radicular



Anexo 10. Crecimiento micelial del hongo *P. capsici* con bioactivos y control



Anexo 11. Registro de datos en libreta de campo

