



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**EFECTO ANTIFÚNGICO *IN VITRO* DEL ACEITE ESENCIAL  
DE AMOR SECO (*Bidens pilosa*), LLANTÉN (*Plantago major*) Y  
ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) SOBRE CEPAS DE *Fusarium*  
spp.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**VALERIANO LUPACA WILSON VLADIMIR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# WILSON VLADIMIR VALERIANO LUPACA

## EFECTO ANTIFÚNGICO IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (...)

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:414451379

Fecha de entrega

9 dic 2024, 8:16 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

9 dic 2024, 8:23 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Borrador-de-Tesis-final-Wilson-Diciembre-2024-martes (2).pdf

Tamaño de archivo

2.3 MB

102 Páginas

21,152 Palabras

114,592 Caracteres





## 19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dr. LUIS A. BALLÓN TURREGODO  
ING. AGRÓNOMO  
C.A.P. 18776

Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.  
Cod. 62081 CIP: 24042





## DEDICATORIA

A Dios por regalarme un día más de  
vida y salud por, ser mi guía en mi sendero  
y luz en mis momentos difíciles de la  
vida.

A mi madre Lorenza por su apoyo,  
comprensión, paciencia y confianza  
que deposito en mi formación profesional.

A mi hermana Nory y seres queridos  
por estar siempre alentándome para  
seguir adelante.

*Wilson Vladimir*



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, A la Dirección, personal académico y administrativo de la Facultad de Ciencias Agrarias por las finas atenciones que tuvieron conmigo, durante mi formación profesional.

Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, mi director de Tesis, por su presencia incondicional, sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

A los miembros de mi jurado revisor el Dr. Félix Alonso Astete Maldonado (presidente), M.Sc. Abdón Charaja Villalta (primer miembro), M.Sc. Saturnino Marca Vilca (segundo miembro). Sus comentarios y sugerencias los cuales enriquecieron notablemente el presente trabajo.

A mis amigos: Ronald, Edú, Alisen, Víctor, Jefe Carlos, quienes a cada instante me apoyaron con su tiempo, optimismo, paciencia y compañeros que en algún momento colaboraron en la ejecución de este trabajo.

*Wilson Vladimir*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. IMPORTANCIA DE HONGOS FITOPATOGENOS.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3. PLANTAS CON PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS CON</b>	
<b>ENFERMEDADES DE PLANTAS .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. <i>Rosmarinus officinalis</i> “romero”.....	28
2.3.1.1. Descripción .....	29
2.3.1.2. Cultivo.....	29
2.3.1.3. Composición .....	30



2.3.1.4. Actividad Anti infecciosa.....	31
2.3.2. <i>Bidens pilosa</i> L. “Amor seco”.....	31
2.3.2.1. Origen y distribución geográfica.....	31
2.3.2.2. Clasificación taxonómica.....	32
2.3.2.3. Descripción botánica.....	32
2.3.2.4. Composición.....	33
2.3.2.5. Actividad Anti infecciosa.....	33
2.3.3. <i>Plantago major</i> “Llantén”.....	34
2.3.3.1. Origen y distribución geográfica.....	34
2.3.3.2. Clasificación taxonómica.....	34
2.3.3.3. Descripción botánica.....	34
2.3.3.4. Composición.....	35
<b>2.4. ACEITES ESENCIALES.....</b>	<b>36</b>
2.4.1. Factores que influyen en la síntesis de aceites esenciales en la planta ...	38
2.4.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales.....	39
2.4.3. Aplicaciones de los aceites esenciales.....	39
<b>2.5. OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....</b>	<b>40</b>
<b>2.6. FUSARIUM SPP.....</b>	<b>42</b>
<b>2.7. ENFERMEDADES POR <i>Fusarium</i> spp.....</b>	<b>43</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. ÁMBITO O LUGAR DE ESTUDIO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2. MUESTRA.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>45</b>
3.3.1. Material experimental.....	45



3.3.2. Observaciones a realizarse .....	48
<b>3.4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
3.4.1. Fase de laboratorio .....	48
3.4.1.1. Preparación de medios de cultivo .....	48
3.4.1.2. Siembra .....	49
3.4.1.3. Purificación de colonias .....	51
3.4.1.4. Identificación .....	51
3.4.2. Fase experimental.....	51
3.4.2.1. Obtención del aceite esencial .....	51
3.4.2.2. Prueba y evaluación de los aceites esenciales in vitro .....	52
<b>3.5. ANALISIS ESTADISTICO .....</b>	<b>57</b>
3.5.1. Tipo de investigación .....	57
3.5.2. Variables en estudio .....	57
3.5.2.1. Variable independiente .....	57
3.5.2.2. Variable dependiente.....	58
3.5.2.3. Tipos de cultivo y dosis .....	58
3.5.2.4. Tratamientos.....	59
3.5.2.5. Diseño experimental .....	59

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO <i>Fusarium</i> spp. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL AMOR SECO (<i>Bidens pilosa</i>) .....</b>	<b>60</b>
---	-----------



<b>4.2. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO <i>Fusarium</i> spp. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL LLANTÉN (<i>Plantago major</i>) .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO <i>Fusarium</i> SPP. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL DEL ROMERO (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....</b>	<b>67</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

**Área** : Ciencias de la ingeniería

**Tema** : Manejo agronómico de cultivos

**Fecha de sustentación:** 12 de diciembre 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> ).....	46
<b>Figura 2</b> Llantén ( <i>Plantago major</i> ) .....	46
<b>Figura 3</b> Romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ).....	47
<b>Figura 4</b> <i>Fusarium spp.</i> en tubérculo de papa .....	47
<b>Figura 5</b> Medio de cultivo PDA y su correspondiente pesada para un litro de agua .	49
<b>Figura 6</b> Tubérculo de papa infestado con <i>Fusarium spp.</i> .....	50
<b>Figura 7</b> Siembra de <i>Fusarium</i> en PDAO .....	50
<b>Figura 8</b> Equipo de destilación por arrastre con vapor.....	52
<b>Figura 9</b> Aceites esenciales en estudio en sus correspondientes envases.....	52
<b>Figura 10</b> Placas Petri inoculadas con <i>Fusarium spp.</i> en estufa a 25°C .....	53
<b>Figura 11</b> Placas Petri listas para su evaluación.....	54
<b>Figura 12</b> Disposición de los tratamientos para su evaluación.....	54
<b>Figura 13</b> Vernier y placas Petri cultivadas con <i>Fusarium spp.</i> .....	55
<b>Figura 14</b> Medición de colonias de <i>Fusarium spp.</i> .....	55
<b>Figura 15</b> Evolución de <i>Fusarium spp.</i> , en aceite esencial de llantén.....	56
<b>Figura 16</b> Evolución de <i>Fusarium spp.</i> , en aceite esencial de amor seco .....	56
<b>Figura 17</b> Evolución de <i>Fusarium spp.</i> , en aceite esencial de romero.....	57
<b>Figura 18</b> Crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> por efecto de las dosis de <i>Bidens pilosa</i> .....	62
<b>Figura 19</b> Crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> por efecto de las dosis del llantén ( <i>Plantago major</i> ).....	65
<b>Figura 20</b> Crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> por efecto de las dosis de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ).....	69



**Figura 21** Crecimiento radial del hongo *Fusarium spp.* por efecto de las dosis de amor  
seco, llantén y romero ..... 70



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Métodos de extracción de mezclas aromáticas .....	41
<b>Tabla 2</b> Tratamientos y claves en estudio .....	58
<b>Tabla 3</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las primeras cinco fechas de evaluación .....	60
<b>Tabla 4</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las cinco últimas fechas de evaluación .....	60
<b>Tabla 5</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones del llantén ( <i>Plantago major</i> ) en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las primeras cinco fechas de evaluación.....	64
<b>Tabla 6</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones del llantén ( <i>Plantago major</i> ) en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las cinco últimas fechas de evaluación.....	64
<b>Tabla 7</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las primeras cinco fechas de evaluación .....	67
<b>Tabla 8</b> Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) en el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> en las cinco últimas fechas de evaluación .....	68
<b>Tabla 9</b> Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Amor seco al 0% por fechas. ....	88



<b>Tabla 10</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Amor seco al 30% por fechas. ....	88
<b>Tabla 11</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Amor seco al 50% por fechas. ....	89
<b>Tabla 12</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Llantén al 0% por fechas. ....	89
<b>Tabla 13</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Llanten al 30% por fechas. ....	90
<b>Tabla 14</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Llanten al 50% por fechas. ....	90
<b>Tabla 15</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Romero al 0% por fechas.....	91
<b>Tabla 16</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Romero al 30% por fechas.....	91
<b>Tabla 17</b>	Datos concernientes al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+Romero al 50% por fechas.....	92
<b>Tabla 18</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, primera fecha de evaluación. ...	92
<b>Tabla 19</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, segunda fecha de evaluación....	93
<b>Tabla 20.</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, tercera fecha de evaluación.....	93
<b>Tabla 21</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, cuarta fecha de evaluación.....	94



<b>Tabla 22</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, quinta fecha de evaluación.....	94
<b>Tabla 23</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, sexta fecha de evaluación. ....	95
<b>Tabla 24</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, séptima fecha de evaluación. ...	95
<b>Tabla 25</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, octava fecha de evaluación. ....	96
<b>Tabla 26</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, novena fecha de evaluación. ....	96
<b>Tabla 27</b>	Datos referidos al crecimiento radial de <i>Fusarium spp.</i> , sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, décima fecha de evaluación. ....	97
<b>Tabla 28</b>	Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial del amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> ), en las primeras cinco fechas .....	98
<b>Tabla 29</b>	Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial del amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> ), en las cinco últimas fechas.....	98
<b>Tabla 30</b>	Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial del llantén ( <i>Plantago major</i> ), en las primeras cinco fechas .....	99
<b>Tabla 31</b>	Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial del llantén ( <i>Plantago major</i> ), en las cinco últimas fechas.....	99



<b>Tabla 32.</b> Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial del romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ), en las primeras cinco fechas .....	100
<b>Tabla 33</b> Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo <i>Fusarium spp.</i> , tratado con aceite esencial romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ), en las cinco últimas fechas.....	100



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Datos evaluados por fecha del crecimiento radial de <i>Fusarium</i> por efecto de los tres aceites esenciales .....	88
<b>ANEXO 2</b> Análisis estadístico (Resumen de ANVA) .....	98
<b>ANEXO 3</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	101
<b>ANEXO 4</b> Autorización para el depósito de tesis al repositorio institucional .....	102



## ACRÓNIMOS

PDAO:	Potato Dextrose and Agar, plus Oxitetracycline
EPIA:	Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica
UNAP:	Universidad Nacional del Altiplano Puno
ANVA:	Análisis de Varianza
MO:	Materia Orgánica
CCD:	Cromatografía en Placa Delgada
PAT:	Lasiodiplodia Theobromae
CV:	Coefficiente de Variabilidad
SPP:	Sub Specie
NS:	No Significativo



## RESUMEN

Las especies de *Fusarium* causan una variedad de enfermedades en diversidad de cultivos y provocan significativas pérdidas económicas, el estudio se realizó en el laboratorio de Fitopatología de la EPIA de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNAP, con el objetivo general de: Evaluar el efecto antifúngico *in vitro* del aceite esencial de amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) bajo tres concentraciones sobre cepas de *Fusarium* spp., y con la hipótesis que los extractos vegetales son capaces de controlar e inhibir el crecimiento de algunos microorganismos fitopatógenos. Para su ejecución se consideraron dos fases, la fase de laboratorio que consistió en la preparación del medio de cultivo Papa Dextrosa y Agar, más Oxitretetraciclina (PDAO), siembra del fitopatógeno, purificación de la colonia e identificación del hongo (*Fusarium* spp.), la otra fase fue la experimental donde se obtuvieron los aceites esenciales empleando el método de destilación por arrastre con vapor, realizándose luego la prueba de control *in vitro* de *Fusarium* spp., en un medio de cultivo inoculado. Para evaluar los objetivos propuestos, se empleó el Diseño Completamente al Azar con nueve tratamientos en estudio, empleando tres repeticiones, haciendo un total de veintisiete unidades experimentales. Los resultados obtenidos fueron: A los diez días de evaluación, las plantas antifúngicas llantén y amor seco, la primera al 50% de concentración y la segunda al 30% fueron las de mejor respuesta en la inhibición del crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp, pues solo llegaron a registrar en las placas petri 1.96 mm y 2.63 mm respectivamente; siendo el romero al 50% que no registró inhibición significativa, pues con él, se obtuvo 2.87 mm de crecimiento radial.

**Palabras Clave:** Aceites esenciales vegetales, Biocontrol, *in vitro*, *Fusarium* spp, Hongo fitopatógeno.



## ABSTRACT

*Fusarium* species cause a variety of diseases in crops around the world and cause significant economic losses, which is why This work was carried out in the Plant Pathology Laboratory of the EPIA of the Faculty of Agricultural Sciences of the UNAP, with the general objective of: Evaluating the in vitro antifungal effect of the essential oil of Amor seco (*Bidens pilosa*), Llantén (*Plantago major*) and Romero (*Rosmarinus officinalis*) under three concentrations on strains of *Fusarium* spp., and with the hypothesis that plant extracts are capable of controlling and inhibiting the growth of some phytopathogenic microorganisms. For its execution, two phases were considered, the laboratory phase consisted of the preparation of the culture medium Potato Dextrose and Agar, plus Oxitetracycline (PDAO), sowing of the phytopathogen, purification of the colony and identification of the fungus (*Fusarium* spp.), the other phase was the experimental one where the essential oils were obtained using the steam distillation method, then carrying out the in vitro control test of *Fusarium* spp., in a poisoned culture medium. To evaluate the proposed objectives, the Completely Randomized Design was used with nine treatments under study, using three repetitions, making a total of twenty-seven experimental units. The conclusions obtained were: After ten days of evaluation, the antifungal plants llantén and amor seco, the first at 50% concentration and the second at 30% were the ones with the best behavior in the inhibition of the radial growth of the fungus *Fusarium* spp, since they only managed to register 1.96 mm and 2.63 mm respectively on the petri dishes; romero at 50% was the worst performer, with 2.87 mm of radial growth.

**Keywords:** *Fusarium* spp, plant essential oils, biocontrol, in vitro, phytopathogenic fungus.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Las especies de *Fusarium* causan una variedad de enfermedades en diversidad de cultivos y provocan significativas pérdidas económicas. Según SENASICA (2012), una subespecie de *Fusarium oxysporum* en México genera pérdidas del 10 al 53% de la cosecha mundial de papa, y la literatura no alude contextos ambientales que restrinjan el progreso de este patógeno en las zonas productoras de papa, lo que es por eso que se considera una zona de alto riesgo.

Los metabolitos secundarios que presenta el género *Fusarium* pueden contaminar a los granos, frutos y tejidos vegetales de consumo humano y animal constituyéndose un grave problema ya que afectan la calidad de los alimentos y la sanidad de los cultivos (Perczak *et al.*, 2020).

Los avances científicos y tecnológicos están permitiendo aumentar la productividad agrícola mediante el uso de productos sintéticos como fertilizantes y pesticidas, que causan problemas ambientales (Samsidar *et al.*, 2020). Por lo tanto, la agricultura en estos tiempos requiere de alternativas ecológicas, económicas y amigables con el medio ambiente para combatir enfermedades y sustituir el uso de agroquímicos sintéticos (Tamilselvi y Arumugam, 2017). Por productos que no perjudiquen la salud de las personas que trabajan en la agricultura y de los consumidores (Samsidar *et al.*, 2020).

Para controlar las enfermedades causadas por hongos, así como otros microorganismos del campo, existe un gran grupo de productos químicos de naturaleza inorgánica, entre los que se encuentran los fungicidas. Desempeña un papel importante en la agricultura moderna, aunque su uso continuo puede causar muchos problemas y



afectar los microorganismos benéficos del suelo (Chaves-Bedoya *et al.*, 2013). Afecta la actividad enzimática de especies funcionales, disminuyendo las poblaciones e impactando negativamente la mayoría de las reacciones bioquímicas, como la mineralización de la materia orgánica (MO), la nitrificación, la desnitrificación, la amonificación, las reacciones de oxidación-reducción y la metanogénesis (Hussain *et al.*, 2009).

Las aplicaciones continuas de fungicidas sintéticos a los cultivos, conllevan a su bioacumulación, tardando años en descomponerse en productos menos tóxicos (Cui *et al.*, 2018) afectando fuentes hídricas, acumulándose en plantas las cuales posteriormente pueden ser consumidas por animales y humanos y desmejorando la calidad del suelo (Oves *et al.*, 2017) ya que la incorporación de dichos compuestos incrementa los niveles de nitratos y amonios modificando la población de bacterias.

Se ha demostrado que los pesticidas químicos, especialmente los fungicidas, pueden tener consecuencias adversas en la diversidad biológica de los ecosistemas agrícolas y también en la salud pública. Por este motivo, los científicos están investigando alternativas ecológicas para el control de plagas (Zavaleta, 2000). Una de las opciones más recientes es la utilización de compuestos derivados de plantas (Dixon, 2001).

Frente a la necesidad de encontrar soluciones ecológicas, económicas y amigables con el medio ambiente para contrarrestar el impacto negativo de los agrotóxicos en los ecosistemas, se ha identificado que los extractos de plantas ofrecen una alternativa efectiva para el control y manejo de agentes fitopatógenos. Esta opción es sostenible, contribuyendo a mitigar los problemas fitosanitarios y reducir las pérdidas económicas que estos ocasionan (Cerqueira *et al.*, 2016). En este contexto, la búsqueda y desarrollo



de productos menos tóxicos y más específicos es crucial. Los aceites esenciales, derivados de plantas, se presentan como una alternativa prometedora en este campo.

El presente trabajo aportará una información valiosa respecto a las características y su comportamiento de los aceites esenciales en el control de *Fusarium* spp., de las plantas propuestas en el presente estudio por sus propiedades biocidas que presentan cuyos resultados servirán de base para plantear posibles alternativas de uso. Ya que los estudios realizados sugieren que los aceites esenciales de plantas pueden ser una alternativa efectiva y sostenible a los agroquímicos en el control de estos hongos fitopatógenos.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto antifúngico *in vitro* del aceite esencial de amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) sobre cepas de *Fusarium* spp.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la mejor dosis del aceite esencial del amor seco (*Bidens pilosa*) *in vitro* que impida el crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp.
- Determinar la mejor dosis del aceite esencial del llantén (*Plantago major*) *in vitro* que impida el crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp.
- Dterminar la mejor dosis del aceite esencial del romero (*Rosmarinus officinalis*) *in vitro* que impida el crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Soledad & Guerrero (2022), evaluaron el efecto antifúngico del extracto acuoso de *Plantago major* L. “llantén” (Plantaginaceae) sobre el crecimiento del patógeno *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. en condiciones de laboratorio. Se inició el trabajo preparando un medio formado por agar dextrosa y el extracto acuoso de las hojas de *Plantago major* L. en cuatro concentraciones (0%, 25%, 30% y 35%). Las medidas de las dimensiones del micelio se realizaron a los tres días posteriores a la siembra del patógeno, terminando la evaluación en nueve días. Los resultados obtenidos fueron evaluados por test de tukey, análisis de varianza, e índice de inhibición del crecimiento micelial, concluyendo que el extracto acuoso de *Plantago major* L. (Plantaginaceae) limita el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl, en una concentración del 25%.

Salazar (2018), evaluaron el efecto del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* “romero” sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum* in vitro; para la cual, se preparó y esterilizó el medio agar Sabouraud conteniendo concentraciones de dicho aceite esencial de 0 (control), 2,0; 5,0; 10,0 y 50,0  $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$ , respectivamente. Se sembró por puntura central un fragmento de micelio proveniente de un cultivo monospórico del hongo en estudio, se incubó a 25 °C por 10 días y se realizaron las lecturas del crecimiento midiendo el diámetro micelial en milímetros. Se encontró que el aceite esencial de hojas de *R. officinalis* “romero” a medida que se incrementa la concentración de 2,0; 5,0; 10,0 a 50,0  $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$  reduce significativamente el crecimiento micelial de *F. oxysporum* desde 88,60; 77,67; 44,66 hasta 0,00% respectivamente en relación al control. Se concluye que



el aceite esencial de hojas de *R. officinalis* “romero” afecta el crecimiento micelial de *F. oxysporum*.

Castro *et al.*; en su investigación titulada: Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa agrícola sustentable, concluyó que el extracto metanólico de gobernadora (*Larrea tridentata*) fue efectivo para inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, por hasta diez días. Asimismo, se concluyó que el extracto metanólico de *Rosmarinus officinalis* (Romero) puede ser utilizado para el manejo de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, con menor efectividad que el gobernador.

Quispe (2017) en su investigación concluyó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña) en la cepa *Fusarium sp.* en el rango de concentración del 20 al 100%, es decir una concentración del 50% con una zona de inhibición de 14,75 mm, en el análisis de varianza resulta que el estadístico  $F = 273,15$  con un valor  $P = 0,001$  es menor que 0,05, lo que Es estadísticamente muy significativo entre las medias de las zonas de inhibición, con la prueba de comparación de Tukey el promedio más alto fue el aceite esencial de muña con una concentración del 100% con una zona de inhibición de 18.18 mm y una concentración del 20% tuvo una zona de inhibición menor a 8.53 mm. Susceptibilidad antifúngica de *Fusarium sp.* comparado con el aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña) comparado con un fungicida comercial (Carbendazim), este aceite es “sensible” en concentraciones de 100/0,75/25 y 50/50, “intermedio” en concentraciones de 40/60 y “Resistente” a las concentraciones 30/70 y 20/80, en el análisis de varianza resulta que el estadístico  $F = 284.20$  con un valor  $P = 0.001$  menor a 0.05 el cual es estadísticamente muy significativo entre el porcentaje de inhibición frente al control, con el Tukey prueba el porcentaje más



alto es el fungicida Carbendazim con un porcentaje del 99% aparte de eso también es muy sensible a la concentración de aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña).

Lanza (2013), en su trabajo de investigación denominado: Efecto inhibitorio *in vitro* del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus* labill.) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis* linn. osbeck.) sobre *Fusarium* spp. en puno., llego a las siguientes conclusiones: a los siete días de evaluación el tratamiento E3= (Eucalipto al 50%) posee menor crecimiento de la colonia del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp., con 43.7 mm. promedio del área radial de la placa Petri. A los siete días de evaluación el tratamiento C1=(Cáscara de naranja al 0%) posee menor crecimiento de la colonia del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp., con 58.4 mm. promedio del área radial de la placa petri. A los siete días de evaluación el tratamiento E3C1= (Eucalipto al 50% + Cáscara de naranja al 0%) posee menor crecimiento de la colonia del hongo fitopatógeno *Fusarium* spp., con un promedio del 28.8 mm., del área radial de la placa petri, en consecuencia, significa que el tratamiento E3C1 tuvo el mejor control sobre *Fusarium* spp., a los siete días.

Lanza (2013), en su investigación titulada: Efectos inhibidores *in vitro* de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus* labill.) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis* linn. osbeck.) sobre *Fusarium* spp. en Puno., llegó a la siguiente conclusión: después de siete días de evaluación, el tratamiento E3= (Eucalipto al 50%) presentó crecimiento de colonias de hongos fitopatógenos *Fusarium* spp. que es menos, concretamente 43,7 mm. Área radial promedio de la placa de Petri. Después de la evaluación durante siete días, el tratamiento C1=(0% cáscara de naranja) tuvo el crecimiento de colonias de hongos fitopatógenos *Fusarium* spp. el inferior es de 58,4 mm. Área radial promedio de la placa de Petri. Luego de siete días de evaluación, el tratamiento E3C1= (50% Eucalipto + 0% Cáscara de Naranja) tuvo el crecimiento de colonias de hongos fitopatógenos *Fusarium* spp. menos, con un área radial promedio de



la placa de Petri de 28,8 mm. Como resultado, el tratamiento E3C1 tuvo el mejor control contra *Fusarium* spp., al séptimo día.

Mayormente los aceites esenciales vegetales son químicamente complicados, lo que acrecienta su eficacia a causa de la sinergia entre los componentes, como se demostró recientemente. Pawar y Thaker (2007) utilizaron 75 aceites esenciales para controlar *Fusarium oxysporum* f. sp. *cicer*, los más eficaces fueron la canela (*Cinnamomum zeylanicum*), la casia (*Cinnamomum cassia*), el clavo (*Syzygium aromaticum*) y la hierba de limón (*Cymbopogon citratus*) porque tenían un alto efecto inhibitorio. La contaminación por micotoxinas es un problema grave en los cereales y, en 2013, Sumalan y sus compañeros estudiaron los efectos de los aceites esenciales de bálsamo de limón (*Melissa officinalis*), salvia (*Salvia officinalis*), cilantro (*Coriandrum sativum*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y menta (*Mentha piperita*) y canela, todos con efectos inhibidores, pero este último mostró el mejor efecto contra las fumonisinas en las semillas de trigo. Necha y Barrera (2009) informaron la actividad antifúngica de 6 de 9 aceites esenciales contra *Fusarium* spp. fueron probados. Los aceites evaluados fueron epazote (*Telexys ambrosioides*), menta, ruda (*Ruta chalepensis*), tomillo, canela, clavo, ajo, limón (*Citrus aurantifolia*) y eucalipto; De estos, los aceites de canela, epazote, menta, ruda, tomillo y clavo tuvieron un alto porcentaje de inhibición fúngica; Los aceites de limón, ajo y eucalipto no tuvieron los mismos efectos antimicóticos.

Los extractos vegetales y aceites esenciales de cada planta pueden tener hasta más de 60 componentes y de ellos puede existir diversos con propiedades antifúngicas. Siempre están presentes como mezclas de compuestos y los patógenos pueden ser afectados diferencialmente por los compuestos individuales o por las mezclas en determinadas concentraciones y proporciones. (Montes, 2009). Sahin *et al.* (2004) establecieron la composición del aceite esencial de orégano (*Origanum*



*vulgare* spp. *vulgare*), y obtuvieron como resultado la identificación de 62 compuestos que representaron aproximadamente el 89 % del aceite. Cariofileno (14.4 %), espatulenol (11.6 %), germacreno-D (8.1 %) y aterpineol (7.5 %). Así mismo, los componentes del aceite esencial se compararon contra los efectos de anfotericina B contra tres especies de *Fusarium*: *F. acuminatum*, *F. oxysporum* y *F. tabacinum*, donde tuvieron los mismos resultados favorables de inhibición de 50% al utilizar una concentración igual de 2 mg/ml.

En el 2011, Moreno-López estudió la actividad antifúngica de los metabolitos secundarios mayoritarios encontrados en *Zanthoxylum monophyllum* y *Piper eriopodum*, como la berberina y gibbilimbol B, respectivamente, sobre *F. oxysporum* f. sp. *dianthi*, en clavel (*Dianthus caryophyllus*), por medio de la técnica de bioautografía en cromatografía en placa delgada (CCD), logrando como resultado un efecto fungicida del gibbilimbol B sobre el hongo con concentraciones de 5, 10, 25, 50 y 100  $\hat{I}$ g. No así con la berberina, que resultó con halos de inhibición apenas visibles con la más alta concentración de esta de 100  $\hat{I}$ g. Por otro lado, Contreras-Arredondo *et al.* (2011) encontraron taninos hidrolizables y condensados como principios activos contra *F. oxysporum* en papa (*Solanum tuberosum* L.), estos obtenidos de extractos etanólicos de flor de Alejandría (*Cowaniaplicata* D. Don.) donde obtuvieron resultados de (CI50) de 3,000 ppm y una (CI90) de 28,000 ppm sobre el hongo.

## 2.2. IMPORTANCIA DE HONGOS FITOPATOGENOS

Gran variedad de hongos filamentosos del género; *Fusarium*, *Aspergillus*, *Phyphthora* y *Botrytis*, conocidos como fitopatógenos, son importantes por el daño que causan en diversos cultivos (Ramezani *et al.*, 2002; Alitonou *et al.*, 2004; Batish *et al.*, 2008). Estos se manifiestan en su verdadera dimensión cuando el manejo agronómico postcosecha es incorrecto y las semillas están mal almacenadas, lo que se convierte en un



factor decisivo en la presencia de estos hongos patógenos y reduce la producción en porcentajes importantes.

## 2.3. PLANTAS CON PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS CON ENFERMEDADES DE PLANTAS

### 2.3.1. *Rosmarinus officinalis* “romero”

La clasificación de la planta en estudio se muestra a continuación.

Reino	:	Vegetal
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledonia
Subclase	:	Sympetalese
Orden	:	Tubiflorae
Familia	:	Lamiaceae
Género	:	Rosmarinus
Especie	:	<i>officinalis</i>
Nombre científico	:	<b><i>Rosmarinus officinalis L.</i></b>
Nombre común	:	Romero

Purca (2013). Refiere que el romero, *R. officinalis*, es una de las plantas más utilizadas artesanalmente por la población, esto debido a sus múltiples propiedades medicinales que posee; es una planta tipo arbusto que presenta tallos de forma prismáticos, sus hojas son finas, estrechas, agudas y pequeñas que contienen aceites esenciales con diversos principios activos (López, 2008; Díaz, et al. 2011).



### 2.3.1.1. Descripción

El romero (*R. officinalis L.*) es una planta mediterránea cuyo término se deriva del griego “(rhops y myrinos)” que significa “arbusto marino” por su crecimiento cercano a las costas. Corresponde a la familia de plantas *Lamiaceae (Labiatae Labiadas)*, es un arbusto aromático, de hojas perennes, leñosas y muy ramificadas, rico en principios activos. Por lo general como es muy fácil de cultivarse puede crecer en cualquier lugar, el tamaño es muy variante llegando a crecer hasta un metro de altura. Sus flores son pequeñas llegando a tener un color entre azul y violeta claro, las hojas son puntiagudas de color verde y se encuentran de forma cruzada en el tallo (Solano, 2018; Londoño et al., 2008).

Especialmente el extracto de *Rosmarinus officinalis* (Romero), fue demostrado ser uno de los productos herbales más populares que se han consumido como agente aromatizante y antioxidante en la conservación de alimentos y cosméticos. En muchos países, el romero se utiliza frecuentemente como planta medicinal en las medicinas tradicionales y modernas para tratar las complicaciones de la diabetes e hipertensión (Solano, 2018; Londoño et al., 2008).

### 2.3.1.2. Cultivo

La mejor forma de reproducir o multiplicar y es por esqueje, siendo este una parte de la planta, en este caso el tallito del romero, el cual será trasplantado formando raíces. Estos deben ser por lo menos de unos quince centímetros y desarrollados. Puede desarrollarse en cualquier parte, no es necesario un tipo de suelo específico, pero en los suelos fértiles esta se

desarrolla con un aroma muy débil a diferencia de estar cultivada en un lugar pedregoso o arenoso, ahí la planta crece aromática (Bankova et al., 2002).

### 2.3.1.3. Composición

Los polifenoles son compuestos químicos antioxidantes principalmente responsables de la coloración de la fruta, que se clasifican como ácidos fenólicos, flavonoides y no flavonoides. Además de sus propiedades antioxidantes, desempeñan un papel muy importante en las defensas de las plantas contra herbívoro, patógeno y depredadores; por lo tanto, tienen una aplicación en el control de agentes infecciosos en humanos. En *R. officinalis*, los polifenoles más comunes son apigenina, diosmina, luteolina, genkwanina y ácidos fenólicos (> 3%), especialmente ácido rosmarínico, ácido clorogénico y ácido cafeico (Bankova et al., 2002; Musa y Chalchat, 2008).

Otros compuestos importantes comunes en el *Rosmarinus officinalis* (romero) son los terpenos, generalmente presentes en aceites esenciales y resinas, que incluyen más de 10,000 compuestos divididos en mono, di, tri y sesquiterpenos, dependiendo del número de átomos de carbono y grupos de isopreno ( $C_5H_8$ ). Es posible encontrar terpenos de romero como epirosmanol, carnosol, ácido carnósico (diterpenos tricíclicos: ácido ursólico y ácido oleanólico (triterpenos). Sin embargo, el ácido carnósico, que se convierte en carnosol por oxidación, tiene propiedades fisicoquímicas, térmicas y fotolábiles, que pueden evitarse mediante una extracción con fluido supercrítico (operación a baja temperatura) (Bankova et al., 2002; Musa y Chalchat, 2008).



#### **2.3.1.4. Actividad Anti infecciosa**

La mayoría de las plantas producen metabolitos secundarios antimicrobianos, ya sea a partir de su curso normal de crecimiento y desarrollo, o en respuesta al estrés o al ataque de patógenos. El uso de aceites esenciales representa una nueva forma de reducir la proliferación de microorganismos. *Rosmarinus officinalis L.* se usa ampliamente en la actualidad como conservante de alimentos y es conocido por su potente actividad antibacteriana (Musa y Chalchat, 2008).

El uso creciente de antibióticos en la medicina, la agricultura y el ganado ha contribuido en gran medida al aumento de múltiples microorganismos resistentes a los fármacos. La resistencia a los antimicrobianos es un problema de salud pública mundial, y los investigadores han estado participando cada vez más en esta área en la demanda de nuevos bioactivos antimicrobianos eficaces. Además, de las propiedades antibacterianas, los aceites esenciales también tienen actividades insecticidas, antiparasitarias y antifúngicas, que son importantes para el control de enfermedades humanas de origen microbiano (Musa y Chalchat, 2008).

#### **2.3.2. *Bidens pilosa L.* “Amor seco”**

##### **2.3.2.1. Origen y distribución geográfica**

Es originaria de Suramérica, en la actualidad está distribuida en casi todas las regiones tropicales y subtropicales de África, América y Asia. En América existe en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú,



Venezuela y Puerto Rico. En África se puede encontrar en Burundi, Camerún, Kenia, Madagascar, Tanzania y Zambia. Es una planta cosmopolita, reconocida como maleza de 31 cultivos anuales y perennes en más de 40 países con climas tropical y subtropical (Lastra Valdés & De León Rego, 2001).

#### 2.3.2.2. Clasificación taxonómica

Reino	:	Vegetal
Subreino	:	Traqueobrionta
Superdivisión	:	Spermatophyta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Asterales
Familia	:	Asteraceae
Género	:	Bidens
Especie	:	<i>Bidens pilosa</i> L.

#### 2.3.2.3. Descripción botánica

*B. pilosa* es una planta anual, lampiña o algo pubescente, crece de 3 cm a 100 cm de altura, más o menos ramificada.

Tallo: Cuadrangular, ramificado, con pocos pelos o sin ellos.

Hojas: Peciolos de hasta 8 cm de largo; lámina de hasta 13,5 cm de largo y 11 cm de ancho, partida en 3 a 5 folíolos simples, ovados a lanceolados, agudos a acuminados en el ápice, toscamente aserrados, con pelos esparcidos en ambas caras.



Inflorescencias: Varias cabezuelas agrupadas en cimas corimbosas en las porciones terminales de las ramas. Flores liguladas ausentes, pero llegan a observarse en la periferia del disco de 1 a 5 pequeñas flores tubulosas fértiles de corola blanca; de 35 a 75 flores del disco de corola amarilla, de 3 a 4 mm de largo, con pocos pelos o sin ellos en el tubo, anteras oscuras.

Frutos y semillas: Aquenios de 5 a 18 mm de largo, los interiores lineares y más largos, los exteriores más o menos comprimidos dorso-ventralmente y más cortos, negruzcos a cafés, vilano por lo común de 3 aristas amarillas, de 1 a 3 mm de largo.

Raíz: Pivotante (Lastra & De León, 2001).

#### **2.3.2.4. Composición**

Entre los compuestos reportados están los metabolitos típicos del género *Bidens*, como son poliacetilenos y flavonoides. También se reporta la presencia de esteroides, terpenoides, polifenilpropanoides e hidrocarburos. El aceite esencial de *Bidens pilosa* L. analizado por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas en Estados Unidos, China, Japón, Camerún, Nigeria e Irán, ha identificado una serie de monoterpenos y sesquiterpenos, siendo los sesquiterpenos germacreno-D y  $\beta$ -cariofileno los constituyentes mayoritarios (Silva et al., 2011).

#### **2.3.2.5. Actividad Anti infecciosa**

Bondarenko & Petrenko en 1985, aislaron de *B. pilosa* el 1-fenilhepta-1,3,5-trieno y encontraron que este compuesto posee una marcada



actividad antimicrobiana frente a una gran variedad de microorganismos que incluyen bacterias, hongos y levaduras; mostró una selectiva actividad frente a bacterias gram-positivas, dermatófitos, *Rhizoctonia solani* y *Saccharomyces cerevisiae* (Gupta, Santana y Espinosa, 2012).

### 2.3.3. *Plantago major* “Llantén”

#### 2.3.3.1. Origen y distribución geográfica

Planta nativa de Eurasia, que se ha naturalizado como maleza universal. Se encuentra de 600 msnm a 1200 msnm, en matorrales húmedos y orillas de ríos (Cáceres, 2009).

#### 2.3.3.2. Clasificación taxonómica

Reino : Vegetal  
División : Magnoliophyta  
Clase : Magnoliopsida  
Subclase : Asteridae  
Orden : Plantaginales  
Familia : Plantaginaceae  
Género : *Plantago*  
Especie : *Plantago major*

(Pax, 2015)

#### 2.3.3.3. Descripción botánica

La especie *Plantago major* L. procedente de la familia Plantaginacea, caracterizada por presentar una longitud de 13 a 15 cm, hojas elípticas y ovaladas. Inflorescencias en forma de espiga, con colores



que varían del verde al marrón oscuro, presencia de pequeñas semillas con un aproximado de 20 mil por planta. Se ha determinado que *Plantago major* L. contiene aceites fijos, alcaloides monoterpénicos, triterpenos, carbohidratos (Jiménez & Garro, 2017; Hammami et al., 2020).

Es una hierba con un ciclo de vida de entre seis y siete meses y de tipo perenne, el tallo es un rizoma corto de color amarillo que mide entre 15 cm y 30 cm de altura y que varía dependiendo de los distintos hábitats donde se desarrolle, presenta hojas glabras, ovaladas de color verde claro con un largo peciolo de aproximadamente 15 cm de longitud que se une al tallo, midiendo 50 cm de largo y 20 cm de ancho en plantas adultas, su inflorescencia es tipo espiga que se recubre con de pequeñas flores de color café verdosa su corola es pequeña de color amarilla (Blanco, Saborío, & Garro, 2008).

#### **2.3.3.4. Composición**

La composición de *Plantago major* L. en órganos aéreos consta exclusivamente de flavonoides como luteolinas, hispidulinas, homoplantaginina, baicaleina plantaginina, metabolitos secundarios como timol y linalol, contando con propiedades antioxidantes, antibacterianas y en menor proporción antifúngicas; también la aucubina, glicósidos iridoides atribuyéndole la capacidad antiinflamatoria (Jiménez & Garro, 2017).

En su composición posee amplia variedad de ácidos entre los cuales se destacan el ácido linoleico que se encuentra en mayor medida en las semillas, el ácido oleico, salicílico y fumárico que se encuentra



principalmente en las hojas (Moya, 2018). Algunos estudios fotoquímicos sugieren que las hojas poseen mucilago, pectinas, flavonoides, cumarinas, taninos glucósidos como la aucubina y catalpol que son los principios activos de mayor relevancia (Blanco Ulate et al., 2008). Estudios realizados sobre el extracto etanólico de llantén demuestran que inhibe el crecimiento radical de hongos patógenos de banano y fresa (López et al., 2006).

#### **2.4. ACEITES ESENCIALES**

Los aceites esenciales tienen potencial natural en los mecanismos de defensa de los vegetales, son compuestos volátiles producidos por muchas especies y actúan contra microorganismos fitopatógenos (Elshafie, et al., 2015). Su uso surge como una alternativa para prevenir y controlar enfermedades en la agricultura actual, cuyas prácticas de cultivo permiten utilizar determinadas sustancias en el manejo de patógenos (Robu, Covaci y Popescu, 2015). Entre los grupos importantes de plantas, las hierbas aromáticas contienen diferentes sustancias utilizadas en la medicina y agricultura para prevenir y tratar diferentes enfermedades (Juárez et al., 2013; Chouhan, Sharma y Guleria, 2017).

Gil y Sáez (2005) , sostienen que los aceites esenciales son un conjunto de componentes volátiles debido a su bajo peso molecular, que son producto del metabolismo de los vegetales, su composición depende de su síntesis a partir de la serie derivados del ácido mevalónico, correspondiendo principalmente a monoterpenos y sesquiterpenos, que responden a la condensación de isoprenoides de fórmula  $(C_5H_8)_n$ , junto a otras moléculas oxigenadas, como alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y



compuestos fenólicos, los cuales transmiten las propiedades que van a caracterizar a los aceites esenciales.

Lock (2016), da a conocer que, se describe que los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en todo el reino vegetal, así en las coníferas (pino, abeto), mirtáceas (eucaliptus), rutáceas (*Citrus spp*), compuestas (manzanilla), sin embargo, están presentes principalmente en las familias de las Lamiaceae (menta, lavanda, tomillo, espliego, romero) y las umbelíferas (anís, hinojo). Por otro lado, los aceites esenciales tienden a concentrarse, dependiendo de la especie vegetal, en diferentes órganos, como raíz, rizoma (jengibre), leño (alcanfor), hoja (eucaliptus), fruto (anís), sumidades floridas (*F. Labiatae*). Así mismo, la composición del aceite esencia dependerá del lugar de origen, del hábitat en que se desarrolle, del momento de la recolección, el método de extracción que se utilice. Finalmente, éstos presentan propiedades terapéuticas, conservantes, saborizantes, también pueden ser tóxicos y con ciertas propiedades abortivas. Por lo que los aceites esenciales son de gran interés para la industria farmacéutica, alimentaria, agropecuaria y en la perfumería.

Los aceites esenciales provienen de plantas aromáticas y tienen uso aplicativo en el control de enfermedades en plantas, tanto en cosecha como en postcosecha, pues ha sido considerado como un método seguro para el medio ambiente como para la salud humana. Debido a las sustancias que se encuentran presentes, algunas de estas corresponden a compuestos volátiles que se localizan en diferentes órganos de las plantas que pueden ser raíces, hojas, tallos, flores (Jiménez, 2020), se han descrito alrededor de 3000 aceites esenciales provenientes de diversas plantas y aproximadamente 300 de ellas presentan interés comercial por sus aplicaciones terapéuticas y alimentarias (Marqués, 2015) estos aceites pueden contener terpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos (Oseida, 2018). Así por ejemplo los terpenos son compuestos orgánicos aromáticos derivados del



isopreno gracias a ellos, los diversos tipos de plantas poseen olores característicos que se diferencian en función de los terpenos que contienen.

Se describen los mecanismos de acción de los compuestos contenidos en los aceites esenciales sobre hongos y bacterias (Andrade-Bustamante *et al.*, 2017), y se presentan los efectos en la lucha contra ciertos microorganismos, entre los que se encuentran: flavonoides, fenoles, terpenos, alcaloides, lectinas y polipéptidos, por ejemplo, la toxicidad de los fenoles para los microorganismos se explica por la inhibición enzimática debida a la oxidación de compuestos; El mecanismo de acción de los terpenos aún no está claro, pero se cree que pueden provocar la rotura de membranas a través de compuestos lipófilos (García & Palou-García, 2008).

El efecto inhibitor de estos aceites esenciales está dado principalmente por su acción lipofílica, pues tienen la capacidad de penetrar la membrana plasmática provocando cambios morfológicos en las hifas, dañando la célula y su sistema enzimático, dificultando el mecanismo de transporte de la membrana plasmática, la salida de cationes como  $H^+$  y  $K^+$ , cambiando así el valor de pH de las células y afectando la composición y actividad de las células (Dwivedy *et al.*, 2017), provocando la muerte de microorganismos fúngicos y bacterianos e induciendo por último la destrucción de las mitocondrias para inhibir los hongos. (Sreenivasa *et al.*, 2011; Mohapatra *et al.*, 2017). El carvacrol puede reducir la fluidez de la membrana celular al cambiar la proporción y estructura de los ácidos grasos en la membrana celular y luego desempeñar un papel inhibitor, (Di Pasqua *et al.*, 2006; Andrade-Bustamante *et al.*, 2017).

#### **2.4.1. Factores que influyen en la síntesis de aceites esenciales en la planta**

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios de la planta, es decir, son sustancias que presentan actividad farmacológica (principios activos). Son



característicos de cada especie vegetal, sin embargo, no son comunes a todas las plantas. Los factores determinantes para la cantidad y calidad de los principios activos sintetizados por una planta son: genotipo, nutrientes, tipo de suelo, agua, sol, viento y prácticas agrícolas. Puesto que forma una parte del metabolismo de la planta, la composición química de los aceites esenciales varía constantemente, así, se modifican las proporciones de sus constituyentes o se transforman unos constituyentes en otros, dependiendo de la parte de la planta, la etapa de su desarrollo o el momento del día en que se realiza la recolección (Brito et al., 2014).

#### **2.4.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales**

En general, son líquidos a temperatura ambiente, son volátiles, su densidad es inferior a la del agua. Poseen un índice de refracción elevado y la mayoría desvían la luz polarizada. Son muy poco solubles en agua (Bakkali et al., 2008).

#### **2.4.3. Aplicaciones de los aceites esenciales**

a) Industria alimentaria; se utilizan para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etc. Los aceites más empleados por esta industria son el cilantro, naranja y menta. También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, para ello se usan las esencias extraídas del naranjo, limón, menta e hinojo. Estas esencias también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y otros (Bakkali et al., 2008).

b) Industria farmacéutica: se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojo), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto). También son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos (naranja, menta, entre otros) (Tongnuanchan & Benjakul, 2014).



c) Industria de cosméticos; esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje. En este campo se pueden citar los aceites de geranio, lavanda y rosas (Nerio et al., 2010).

d) Industria de productos de uso veterinario; se emplea el aceite esencial de *Chenopodium ambrosoides* por su contenido de ascaridol, vermífugo. También se pueden citar el limoneno y mentol como insecticidas (Reverchon, 1997).

e) Desodorantes industriales; actualmente se usan ciertas esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como el caucho, los plásticos y las pinturas, también para impartir olor a juguetes. En textiles, se emplean para enmascarar olores en tratamientos con mordientes antes y después del teñido. En papelería, para impregnar de fragancias cuadernos, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales (Ali et al., 2015).

f) Biocidas e insecticidas; existen esencias con propiedades bactericidas, como el tomillo, clavo, salvia, mentas, orégano, pino, etc. Otras son insecticidas, contra: hormigas: menta, tanacetum; moscas: ruda, citronela, menta; coleópteros: tanacetum, comino, ajeno y tomillo; cucarachas: menta, ajeno, eucalipto, laurel (Isman, Miresmailli, & MacHial, 2011).

## 2.5. OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Los métodos más comunes para obtener aceites esenciales es la destilación al vapor. En este proceso, se emplea vapor de agua para liberar los compuestos aromáticos de la materia prima vegetal. Luego, el vapor y los aceites se enfrían y condensan, separando el aceite esencial del agua. Esencialmente, mediante el calor externo, se logra la separación de estos valiosos aceites (Calderón *et al.*, 2018). Se basa en la evaporación de dos líquidos inmiscibles a temperaturas que, debido a la concentración, se encuentran

por debajo del punto de ebullición de los componentes volátiles individuales. Una corriente directa de vapor de agua consiste en la recogida de muestras de plantas generalmente frescas, que se colocan en un matraz de tres bocas y se expone a una corriente de vapor de agua sobrecalentado. Como resultado, el aceite esencial presente en los recipientes es extraído y distribuido a través de las membranas de las células, debido a que el vapor de agua penetra en el tejido vegetal, luego es arrastrado y posteriormente condensado, recolectado y separado de la fracción acuosa (Peredo *et al.*, 2009; Granados *et al.*, 2012). Esta técnica también es sencilla y fácil de manipular y el consumo energético es relativamente bajo (Cerpa & Palomino, 2007; Caballero *et al.*, 2011).

**Tabla 1**

*Métodos de extracción de mezclas aromáticas*

<b>Método</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Productos obtenidos</b>
Métodos directos	• Extrusión:	Aceites esenciales cítricos
Destilación	Compresión de cáscaras	
Extracción con solventes	Raspado de cáscaras	
Técnicas de vanguardia	• Macerado: Lesiones mecánicas en cortezas	Gomas, resinas, bálsamos
Destilación	• Directa Arrastre con vapor de agua (Directo, indirecto, a presión, al vacío) Destilación-maceración (liberación enzimática de agliconas en agua caliente)	Aceites esenciales y aguas aromáticas
Extracción con solventes	• Solventes volátiles: En caliente En frío • Solventes fijos (grasas y aceites) En caliente En frío	Infusiones y resinoideas alcohólicas Concretos y absolutos Absolutos de pomadas Absolutos de enflorados
Técnicas de vanguardia	• Utilización de ultrasonidos en el proceso	Aceites esenciales



Método	Procedimiento	Productos obtenidos
	extractivo de hidrodestilación	Aceites esenciales
	• Extracción por microondas	Aceites esenciales
	• Extracción con fluidos en estado supercrítico	

**Fuente:** Asbahani et al., (2015)

## 2.6. FUSARIUM SPP.

*Fusarium* es un género de hongos que incluye una gran cantidad de especies, algunas de las cuales pueden infectar plantas, animales e incluso humanos. Centrándonos en los daños a las plantas, este hongo se considera una de las principales causas de una patología grave: el marchitamiento vascular. Los hongos tipo *Fusarium* habitan en el suelo en forma de micelio o diversos tipos de esporas, y tienen una gran capacidad para propagarse muy fácilmente a través de agua o equipos agrícolas previamente contaminados. Un problema adicional del hongo *Fusarium* es que puede permanecer en el suelo indefinidamente, lo que dificulta mucho su eliminación y hace que la rotación de cultivos sea ineficaz. (DECCO, 2022).

Las especies pertenecientes al complejo *Fusarium* no solo desactivan ciertas vías metabólicas propias de las plantas, sino que también generan toxinas que incrementan su virulencia. Entre estas toxinas se encuentran las eniatinas y el ácido fusárico. Además, existen otras micotoxinas, como los tricotecenos y las fumonisinas, que resultan tóxicas para los animales. Estas sustancias presentan efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos, citotóxicos, neurotóxicos, nefrotóxicos, inmunosupresores y estrogénicos, lo que las convierte en un riesgo para la salud pública (Agrios, 2008; Wagacha & Muthomi, 2007).



Una de las enfermedades más destructivas de la mayoría de los cultivos ornamentales y hortícolas en invernaderos, tanto como en campo abierto, es generada por *Fusarium* spp. (Tjamos y Beckman, 1989). El tejido vascular de la raíz y el tallo es colonizado por el crecimiento de hifas y el movimiento de conidios en la corriente de transpiración. Presentan síntomas iniciales aparecen como clorosis y deformación de las hojas inferiores. El marchitamiento afecta a la planta, manifestado por cambios en el color de los vasos sanguíneos y necrosis de los tallos; Esto ocurre a medida que el patógeno avanza, provocando la muerte de la planta.

La principal enfermedad causada por *Fusarium* spp. es el marchitamiento vascular, una de las enfermedades de las plantas más difíciles de controlar, que provoca importantes pérdidas económicas a los cultivos cada año. (DECCO, 2022).

## **2.7. ENFERMEDADES POR *Fusarium* spp.**

Los hongos del género *Fusarium* son ascomicetos filamentosos y cosmopolitas, tienen un micelio bien desarrollado, septado y conidióforos característicos, aunque algunas especies tienen un talo unicelular (Villa *et al.*, 2015). Como patógeno facultativo está representado por 17 complejos de especies (Zhu *et al.*, 2020), además, este género ha sido un serio obstáculo económico para los productores en todo el mundo ya que se encuentran en la mayoría de sustratos naturales como patógenos o no patógenos y asociados con otros hongos (Lombard *et al.*, 2019). Las especies más relevantes del género *Fusarium* que causan la contaminación en los granos pequeños de cereales son *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* y *F. equiseti*, además, son fuente importante de tricotecenos, fumonisinas y otras micotoxinas que causan enfermedades graves en humanos y animales (Jurado *et al.*, 2005).



Las especies del complejo no sólo inactivan ciertas rutas metabólicas propias de la planta sino que también producen toxinas que aumentan su virulencia, tales como las eniatinas y ácido fusárico, mientras que otras micotoxinas, como tricotecenos y fumonisinas, son tóxicas para los animales, presentando efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos, citotóxicos, neurotóxicos, nefrotóxicas, inmuno-supresores y estrogénicos, por lo que representan un riesgo para la salud pública (Agrios, 2005; Wagacha & Muthomi, 2007). Además, estas especies ocasionan el tizón de cabeza, una enfermedad que produce importantes pérdidas en el rendimiento de los cereales.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁMBITO O LUGAR DE ESTUDIO

El presente estudio se efectuó en el laboratorio de Fitopatología perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, situado en el departamento, provincia y distrito de Puno ubicado entre las coordenadas geográficas 15°50'15'' latitud Sur y 70°01'18'' longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

#### 3.2. MUESTRA

Las muestras fueron elegidas por interés y conveniencia del tesista, conformado por las hojas de las plantas de amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) en floración y cepas de *Fusarium spp.*

#### 3.3. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

##### 3.3.1. Material experimental

- Hojas frescas de amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (*Rosmarinus officinalis*).
- Hongo fitopatógeno *Fusarium spp.*

### Figura 1

#### *Amor seco (Bidens pilosa)*



Nota. Es una planta herbácea de la familia Asteraceae. Comúnmente llamada "amor seco" debido a sus semillas que se adhieren fácilmente a la ropa y al pelo de los animales.

### Figura 2

#### *Llantén (Plantago major)*



Nota. El llantén, conocido científicamente como *Plantago major*, es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Plantaginaceae.

### Figura 3

*Romero (Rosmarinus officinalis)*



Nota. El romero (*Rosmarinus officinalis*) es una hierba perenne y fragante originaria de la región mediterránea.

### Figura 4

*Fusarium spp. en tubérculo de papa*



Nota. *Fusarium spp.* en tubérculo de papa. Es un hongo que genera numerosas especies patógenas para las plantas, los animales y los humanos.



### **3.3.2. Observaciones a realizarse**

- Obtención de aceite esencial por 50 gramos de muestra vegetal.
- Por 50 gramos de muestra vegetal se ha obtenido aproximadamente entre 130 a 140 mililitros de aceite esencial.
- pH de la solución preparada.
- En la escala del pH se encontró valores de 4 a 6

## **3.4. METODOLOGÍA**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en dos fases las mismas que se describen a continuación.

### **3.4.1. Fase de laboratorio**

#### **3.4.1.1. Preparación de medios de cultivo**

Se empleó el medio de cultivo papa, dextrosa y agar (PDA), siendo este un medio de cultivo útil para el crecimiento de la mayoría de los hongos cultivables cuya preparación se realizó del siguiente modo: Se pesó 39 g de PDA para un litro de agua destilada más una pastilla de Oxitetraciclina. Se dejó reposar de 10 a 15 minutos seguidamente se calentó agitando frecuentemente hasta el punto de ebullición durante 1 minuto para disolverlo por completo. Luego se esterilizo en autoclave a 121°C y 15 lbs de presión durante 15 minutos, finalmente se efectuó el correspondiente plaqueado en las respectivas placas Petri. (Agrios, 2008).

## Figura 5

Medio de cultivo PDA y su correspondiente pesada para un litro de agua



Nota. Es un medio común para cultivos microbiológicos.

### 3.4.1.2. Siembra

Las muestras de papa infectadas con *Fusarium spp.* se lavaron con abundante agua del grifo y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% por 10 minutos, con el propósito de eliminar los microorganismos superficiales, los tubérculos se enjuagaron con agua destilada esterilizada luego se colocaron sobre papel toalla para su secado. Se cortaron de cada tubérculo pequeñas porciones (aproximadamente de 1x0.5 cm.) que mostraban signos de infección por *Fusarium spp.*, los que fueron sembrados en aquellas placas Petri que contenía el medio de cultivo Papa, Dextrosa y Agar más Oxitetraclina (PDAO). Luego se incubaron las cajas Petri durante 7 días a una temperatura de 25° C, para favorecer su diseminación y desarrollo de *Fusarium spp.*, inmediatamente se colocaron las placas Petri sobre una mesa con iluminación artificial y a temperatura

ambiente durante dos semanas, para favorecer su crecimiento de este fitopatógeno finalmente se procedió a purificar con el propósito de obtener este hongo fitopatógeno al estado puro. (Agrios, 2008).

### Figura 6

*Tubérculo de papa infestado con Fusarium spp.*



Nota. Tubérculo de papa infestado con *Fusarium spp.*, listo para ser sembrados y luego purificados.

### Figura 7

*Siembra de Fusarium en PDAO*



Nota. Siembra en PDAO, porciones pequeñas de papa infectados con *Fusarium spp.*



### **3.4.1.3. Purificación de colonias**

De los aislamientos realizados, se ejecutaron repiques a otras placas Petri con PDAO, hasta obtener un cultivo puro del hongo fitopatógeno (*Fusarium* spp).

### **3.4.1.4. Identificación**

Una vez que se registró el crecimiento de las colonias de *Fusarium* spp., se prepararon montajes de este hongo patógeno para examinarlos en el microscopio compuesto con el objetivo de analizar sus características morfológicas y de reproducción para su identificación empleando las claves propuestas por Barrón (1968) y Barnett y Hunter (1998).

## **3.4.2. Fase experimental**

### **3.4.2.1. Obtención del aceite esencial**

Los aceites esenciales se extrajeron de las hojas de las plantas en estudio (amor seco, llantén y romero) para el efecto las hojas fueron recolectadas en cantidades adecuadas para la realización de la investigación, de esta cantidad de hojas para cada proceso de destilación por arrastre con vapor se emplearon 50 gramos de hojas de acuerdo lo propuesto por Domínguez, X. A. y Domínguez S., X. A., 1990.

### Figura 8

*Equipo de destilación por arrastre con vapor*



Nota. Este método es común en la industria química y en la producción de aceites esenciales.

### Figura 9

*Aceites esenciales en estudio en sus correspondientes envases*



Nota. Aceites esenciales en estudio en sus correspondientes envases, los aceites esenciales tienen una amplia variedad de aplicaciones debido a sus propiedades.

#### 3.4.2.2. Prueba y evaluación de los aceites esenciales in vitro

Para esta parte cada aceite esencial es decir de amor seco, llantén y romero se mezclaron por separado con el medio de cultivo (PDAO) en

un matraz según la concentración propuesta. Inmediatamente sobre este medio de cultivo (PDAO+aceite esencial de la planta en estudio), se colocó una rodaja de aproximadamente de 5 mm. Extraído con ayuda de un sacabocado la rodaja conteniendo al fitopatógeno en estudio (*Fusarium spp.*), hecho esto las cajas Petri fueron colocados en estufa a 25°C por dos días, a partir del segundo día se inició con la evaluación del crecimiento micelial del hongo fitopatógeno en estudio en milímetros/día, con ayuda de un vernier y regla se procedió a medir en milímetros el diámetro de crecimiento de las colonias de *Fusarium spp.*, finalizando la evaluación cuando el control (medio de cultivo PDAO sin extractos vegetales + *Fusarium spp.*) cubrió toda la superficie de la misma la placa de Petri (9 cm.) (Agrios, 2008).

### Figura 10

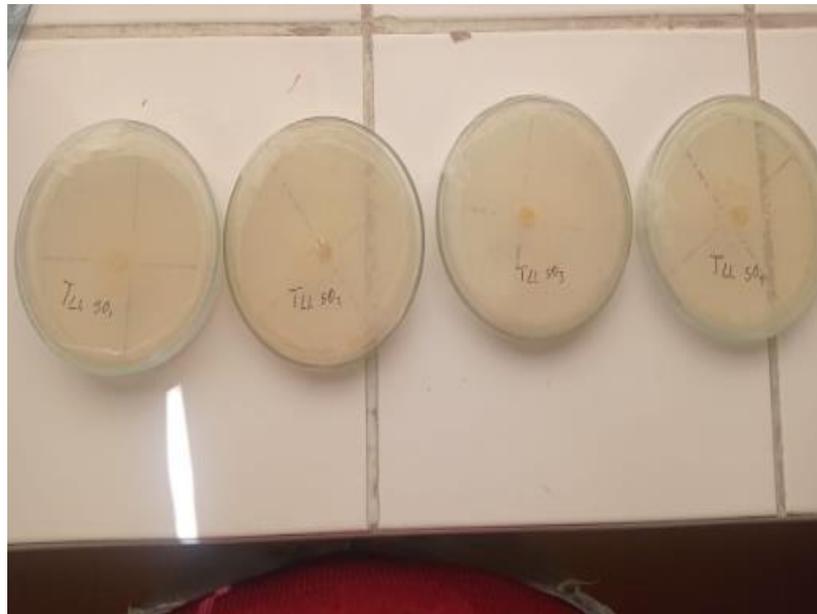
*Placas Petri inoculadas con Fusarium spp. en estufa a 25°C*



Nota. Las placas Petri inoculadas con *Fusarium spp.* deben ser incubadas en una estufa a 25°C para favorecer el crecimiento del hongo.

### Figura 11

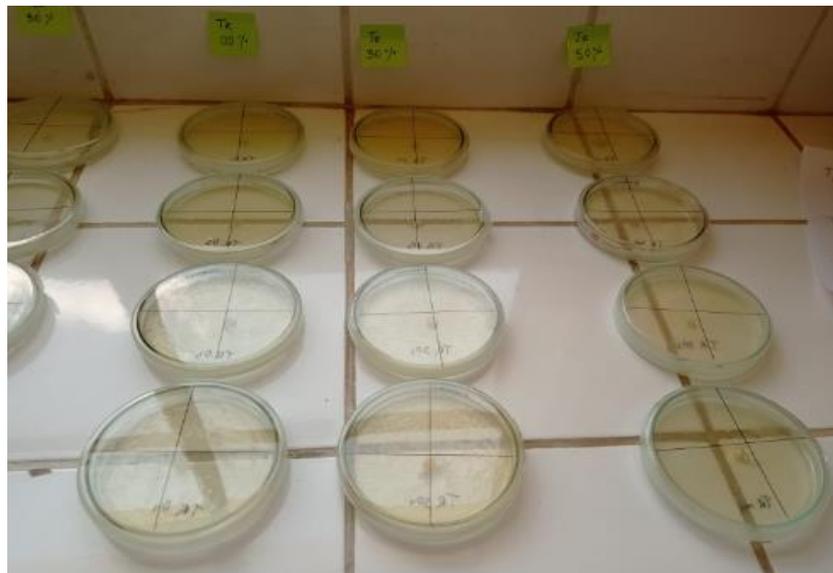
*Placas Petri listas para su evaluación*



Nota. Una vez que las placas Petri inoculadas con *Fusarium* spp. han sido incubadas están listas para su evaluación.

### Figura 12

*Disposición de los tratamientos para su evaluación*



Nota. Organización de las placas Petri etiquetadas por tratamiento y réplicas bajo condiciones uniformes, monitoreando y registrando el crecimiento.

### Figura 13

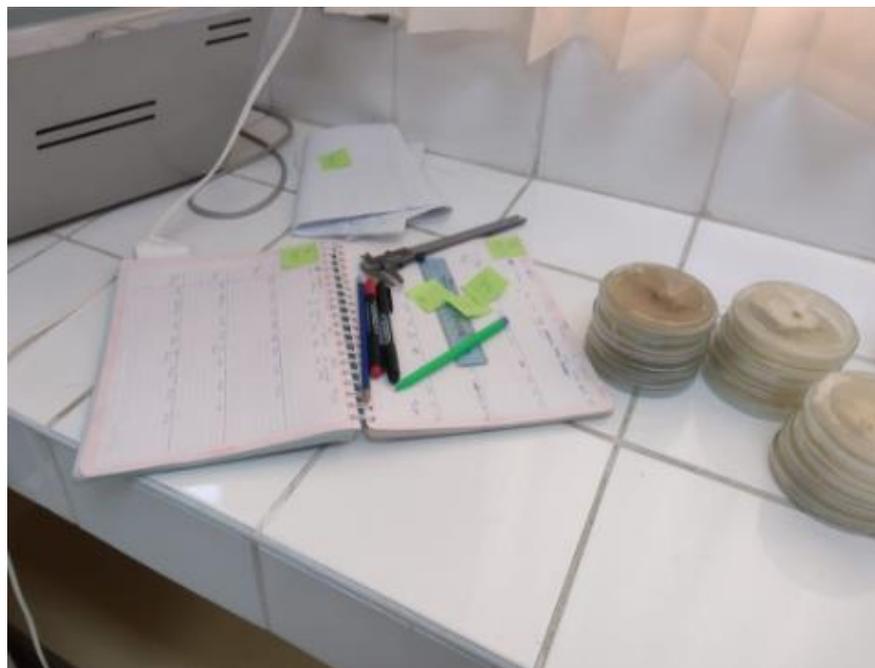
Vernier y placas Petri *cultivadas* con *Fusarium* spp



Nota. Placas Petri cultivadas con *Fusarium* spp., junto al vernier para medir su crecimiento de este fitopatógeno.

### Figura 14

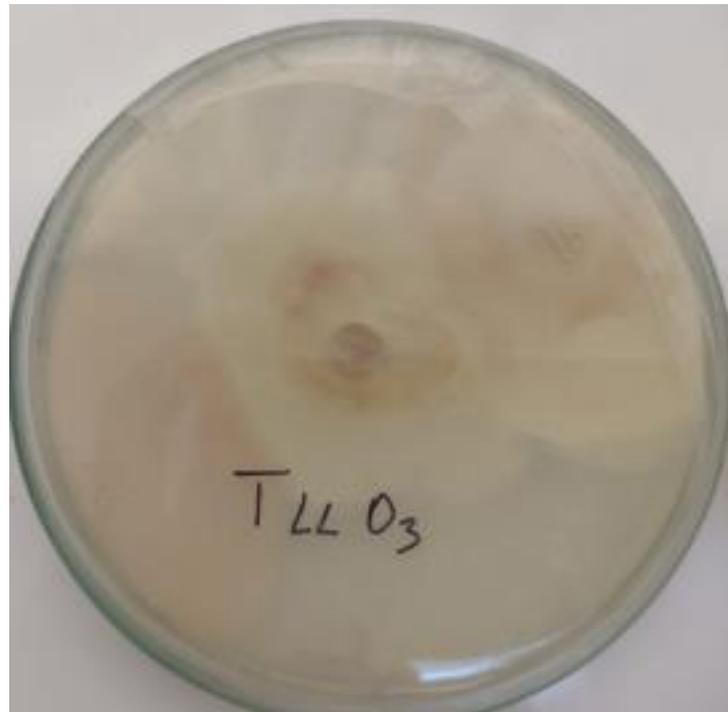
*Medición* de colonias de *Fusarium* spp



Nota. Vernier y regla milimetrada utilizadas para medir en milímetros el diámetro de crecimiento de las colonias de *Fusarium* spp.

### Figura 15

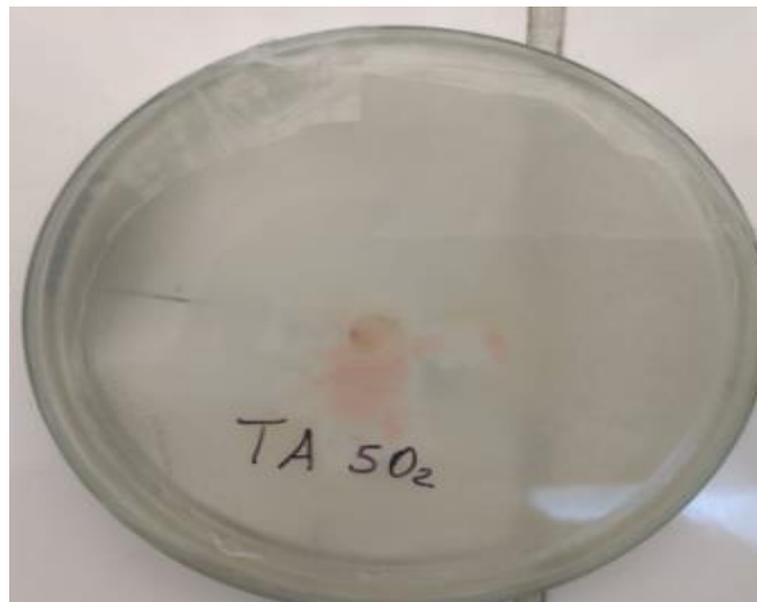
*Evolución de Fusarium spp., en aceite esencial de llantén*



Nota. Evolución de *Fusarium* spp., a una concentración del 50% de llantén.

### Figura 16

*Evolución de Fusarium spp., en aceite esencial de amor seco*



Nota. Evolución de *Fusarium* spp., a una concentración del 30% de amor seco.

## Figura 17

*Evolución de Fusarium spp., en aceite esencial de romero*



Nota. Evolución de *Fusarium spp.*, a una concentración del 50% de romero.

### 3.5. ANALISIS ESTADISTICO

#### 3.5.1. Tipo de investigación

Considerado como un tipo de investigación experimental, porque permite con mayor garantía constituir relaciones de causa a efecto emplea, grupo experimental y de control. El investigador maniobra el factor supuestamente causal. Usa operaciones al azar para la selección y asignación de sujetos y tratamiento (Tamayo y Tamayo, 2007).

#### 3.5.2. Variables en estudio

##### 3.5.2.1. Variable independiente

Actividad antifúngica de los aceites esenciales en estudio contra *Fusarium spp.*

- a. Aceite esencial de hojas de amor seco (A) a una concentración de:  
A1=0%, A2=30% y A3=50%.



b. Aceite esencial de hojas de llanten (L1) a una concentración de:

L11=0%, L12=30% y L13=50%.

c. Aceite esencial de hojas de romero (R) a una concentración de:

R1=0%, R2=30% y R3=50%.

### 3.5.2.2. Variable dependiente

Crecimiento radial en mm/día del fitopatógeno (*Fusarium spp.*) sobre el medio de cultivo (PDAO + aceite esencial de amor seco o llantén o romero) dependiendo del tratamiento en estudio.

### 3.5.2.3. Tipos de cultivo y dosis

La tabla 2, muestra las concentraciones propuestas de los aceites esenciales de las plantas en estudio para su evaluación como sustancias antifúngicas frente a *Fusarium spp.*

**Tabla 2**

*Tratamientos y claves en estudio*

Tratamiento	Concentración (%)	Clave
Amor seco x 0%		A-1
Amor seco x 30%		A-2
Amor seco x 50%		A-3
Llantén x 0%		LL-1
Llantén x 30%		LL-2
Llantén x 50%		LL-3
Romero x 0%		R-1
Romero x 30%		R-2
Romero x 50%		R-3

Nota. Concentraciones de los aceites esenciales empleados para el control del hongo fitopatógeno (*Fusarium spp.*).



En la Tabla 2, se muestran los tratamientos en estudio (aceites esenciales de plantas antifúngicas con sus concentraciones), cada factor en estudio con sus correspondientes niveles. Por ejemplo, para la preparación de la dosis baja (30%), se entiende que en una probeta de 100 ml., se agregó 30 ml de aceite esencial y sobre este se adiciono 70 ml de agua destilada completando así los 100 ml de solución, procediendo luego a su agitación y conservación en frascos verde ámbar para su utilización, de igual forma se procedió para la preparación para las demás concentraciones en estudio.

#### **3.5.2.4. Tratamientos**

Los tratamientos en estudio fueron nueve los mismos que se pueden apreciar en la Tabla 2.

#### **3.5.2.5. Diseño experimental**

Para evaluar el efecto anti fúngico de los aceites esenciales de hojas de amor seco, llantén y romero sobre cepas de *Fusarium* spp., a tres concentraciones cada aceite esencial, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con nueve tratamientos en estudio y tres replicaciones, haciendo un total de veintisiete unidades experimentales. Este diseño se utilizó en todas las diez evaluaciones realizadas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO *Fusarium* spp. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL AMOR SECO (*Bidens pilosa*)

En la tabla 3 y 4, se observa que la primera, de la tercera hasta la sexta evaluación no existe diferencias estadísticas significativas, pero si se aprecia diferencias numéricas destacando sobre todo la dosis de 30% seguido de la dosis del 50% de *Bidens pilosa* que impidió el crecimiento radial del hongo.

**Tabla 3**

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones en el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp. en las primeras cinco fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 1 (01/12/2022)	Fecha 2 (02/12/2022)	Fecha 3 (03/12/2022)	Fecha 4 (04/12/2022)	Fecha 5 (05/12/2022)
0 %	1.55 a	2.57 a	2.75 a	3.12 a	3.13 a
30 %	1.73 a	1.84 c	2.20 a	2.36 a	2.39 a
50 %	1.77 a	2.17 b	2.19 a	2.25 a	2.26 a

Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

**Tabla 4**

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones en el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp. en las cinco últimas fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 6 (06/12/2022)	Fecha 7 (07/12/2022)	Fecha 8 (12/12/2022)	Fecha 9 (13/12/2022)	Fecha 10 (14/12/2022)
0 %	3.25 a	3.47 a	3.98 a	4.29 a	4.29 a
30 %	2.39 a	2.63 b	2.63 b	2.63 b	2.63 b
50 %	2.51 a	2.58 b	2.61 b	2.65 b	2.70 b

Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

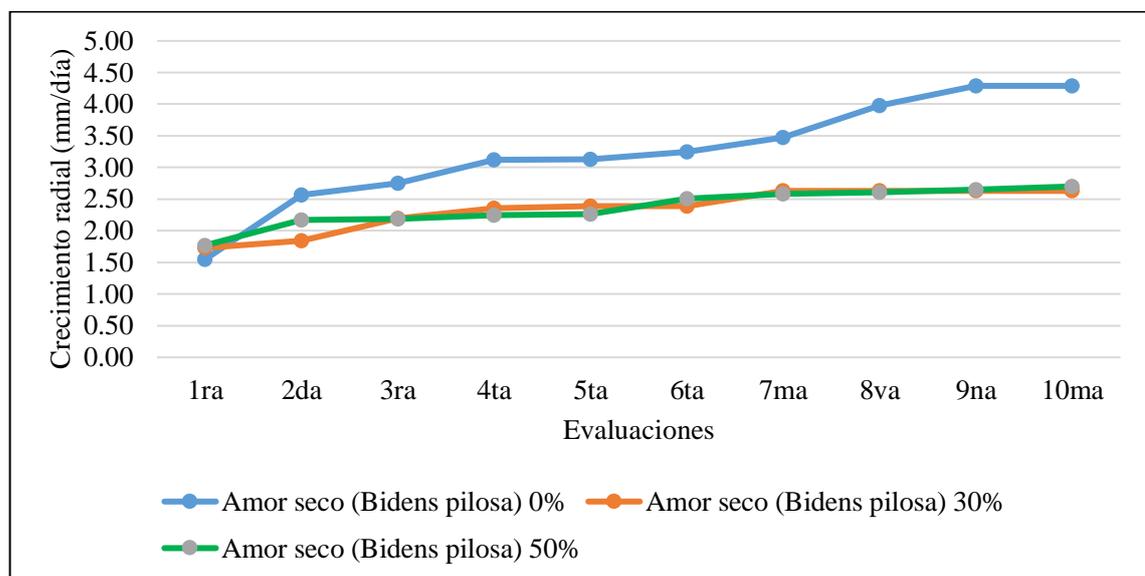


La significancia estadística en las evaluaciones, muestra que en las primeras evaluaciones no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las primeras seis evaluaciones excepto en la segunda, esto sugiere que el agente antifúngico utilizado en el estudio no tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento radial del hongo; lo cual podría deberse a diversos factores, como la concentración utilizadas, la duración del tratamiento y el hongos involucrado, mientras que en las cuatro últimas evaluaciones (séptima hasta la décima), si hay diferencia estadística significativa corroborando de esta manera lo encontrado en el ANVA, en este caso, las diferencias encontradas en las dos últimas evaluaciones se consideran estadísticamente significativas, lo que indica que existen diferencias reales entre las plantas antifúngicas comparadas en las evaluaciones realizadas.

Para corroborar todo lo explicado en los párrafos precedentes, sobre el efecto de *Bidens pilosa* con sus respectivas concentraciones evaluadas, observar la Figura 18, observándose claramente que el testigo tuvo mayor crecimiento del hongo ya que no tuvo ninguna dosis del aceite esencial de *Bidens pilosa*, pero sí, hay una reducción en el crecimiento radial del hongo con las dosis de 30 y 50% de aceite esencial de *Bidens pilosa*, entre ellos, el que más destacó en las 10 evaluaciones fue la dosis del 30% diferenciándose ligeramente con la dosis del 50%.

**Figura 18**

*Crecimiento radial del hongo Fusarium spp. por efecto de las dosis de Bidens pilosa*



Los resultados hallados nos muestran que las dosis de 30% y 50% al parecer no hubo diferencias sobre el efecto de control en el crecimiento radial del *Fusarium ps.* Este resultado se podría tribuir a la dosis, tal como lo señala el reporte de Rodríguez et al., (1999) quien manifiesta que los extractos de plantas de *Bidens pilosa* (chipaca) y de hojas de *Rícinus communis* (higuerilla) fueron efectivos a  $5000 \text{ ug.m}^{-1}$  contra *R. solani*. Al comparar con las dosis de 100 y  $1000 \text{ ug.m}^{-1}$ . Melo (2015), menciona a Deba et al. (2008) aseverando que probaron las actividades fungitóxicas de aceite esencial de las flores de *Bidens pilosa* contra *Fusarium spp.* La especie más inhibida fue *Fusarium solani*, seguido de *F. oxysporum*.

Estos resultados son corroborados por el análisis de varianza que se observa en la tabla 28 del anexo 2.

En la tabla 28 del anexo 2, se visualiza el resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo *Fusarium spp.*, tratado con aceite esencial del amor seco (*Bidens pilosa*), en las primeras cinco fechas, en donde en la tercera evaluación se observa



diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis, entendiéndose que hubo diferencias en el crecimiento radial del hongo por efecto de las dosis de aceite esencial de amor seco. En las demás evaluaciones no hubo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de *Bidens pilosa*, lo cual significa que entre las dosis se tuvo similar efecto sobre el crecimiento del hongo.

En la tabla 29 del anexo 2, se visualiza el resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo *Fusarium spp.*, tratado con aceite esencial del amor seco (*Bidens pilosa*), en las cinco últimas fechas, en donde en la sexta fecha de evaluación no se observa diferencias estadísticas significativas entre las dosis, entendiéndose que no hubo diferencias en el crecimiento radial del hongo por efecto de las dosis de aceite esencial de amor seco. A partir de la 7ma hasta la décima evaluación, se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis de *Bidens pilosa*, lo cual significa que entre las dosis se tuvo similar efecto sobre el crecimiento del hongo.

Los Coeficientes de Variación oscilaron desde 4.01% (decima evaluación) hasta 26.94% (primera evaluación), por tratarse de un trabajo en laboratorio, algunos valores del CV fueron ligeramente altos, debido probablemente a que algún factor no se logró controlar totalmente, incidiendo ello en los valores encontrados. En un estudio de laboratorio el CV puede ser afectado por diversos factores, como la concentración, la linealidad y el margen de error, la precisión, la estabilidad, el equipo, los métodos de preparación de muestras, las fuentes de error, la desviación estándar la media entre otros factores alterando los valores del Coeficiente de Variabilidad UNODC (2010) y FasterCapital (2024), así mismo en el contexto de la precisión de un experimento, se menciona que, si el valor del Coeficiente de Variación supera el 30%, los datos pueden considerarse poco precisos y deberían ser descartados por su baja precisión Mendoza *et al.*, (2015).

#### 4.2. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO *Fusarium* spp. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL LLANTÉN (*Plantago major*)

En la tabla 5 y 6, se observa que, desde la primera, hasta la décima evaluación existe diferencias estadísticas significativas, destacando sobre todo la dosis de 50% seguido de la dosis del 30% del llantén (*Plantago major*) que impidió el crecimiento radial del hongo.

**Tabla 5**

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones del llantén (*Plantago major*) en el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp. en las primeras cinco fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 1 (01/12/2022)	Fecha 2 (02/12/2022)	Fecha 3 (03/12/2022)	Fecha 4 (04/12/2022)	Fecha 5 (05/12/2022)
0 %	3.17 a	3.52 a	3.53 a	3.55 a	4.29 a
30 %	2.00 b	2.04 b	2.17 b	2.27 b	2.33 b
50 %	1.35 b	1.38 c	1.42 c	1.47 c	1.80 b

Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

**Tabla 6**

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones del llantén (*Plantago major*) en el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp. en las cinco últimas fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 6 (06/12/2022)	Fecha 7 (07/12/2022)	Fecha 8 (12/12/2022)	Fecha 9 (13/12/2022)	Fecha 10 (14/12/2022)
0 %	4.55 a	4.59 a	4.59 a	4.59 a	4.59 a
30 %	2.59 b	2.65 b	2.66 b	2.66 b	2.66 b
50 %	1.83 b	1.86 b	1.86 b	1.95 b	1.96 b

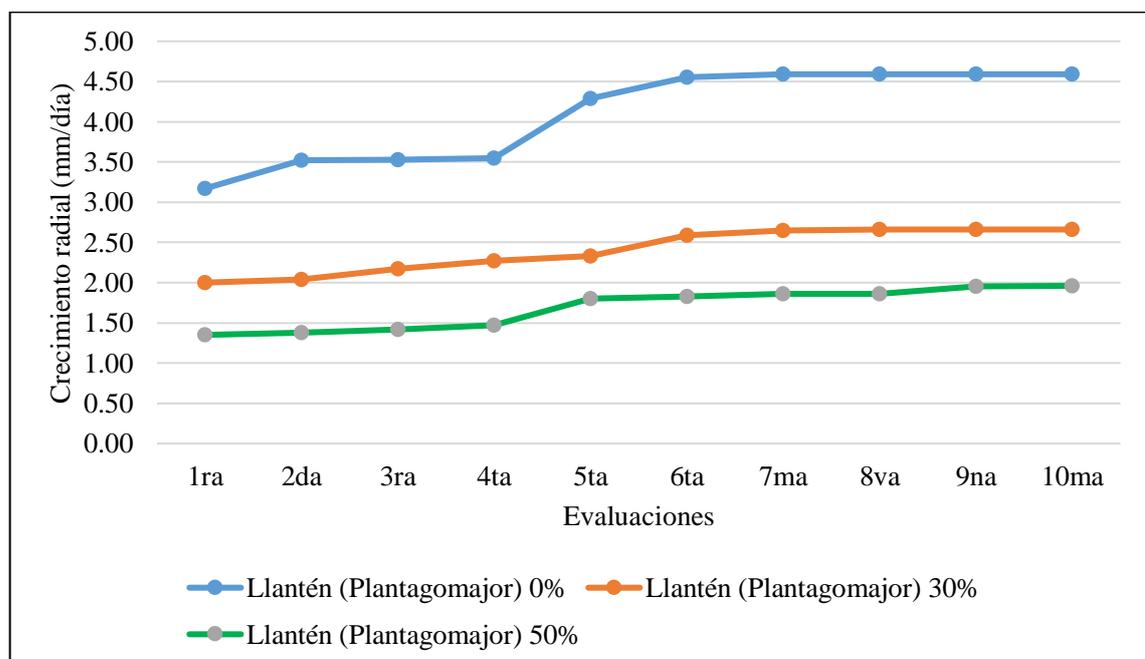
Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

La significancia estadística en las evaluaciones, muestra que en todas las evaluaciones se encontraron diferencias estadísticamente corroborando de esta manera lo encontrado en el ANVA, lo que indica que existen diferencias reales entre las dosis de la planta antifúngica llantén comparadas en las evaluaciones realizadas.

Para corroborar todo lo explicado en los párrafos precedentes, sobre el efecto llantén (*Plantago major*) con sus respectivas concentraciones evaluadas, observar la Figura 19, observándose claramente que el testigo tuvo mayor crecimiento del hongo ya que no tuvo ninguna dosis del aceite esencial del llantén (*Plantago major*), existe una reducción en el crecimiento radial del hongo con las dosis de 30 y 50% de aceite esencial del llantén (*Plantago major*), entre ellos, el que más destacó en las 10 evaluaciones fue la dosis del 50% diferenciándose con la dosis del 30%.

**Figura 19**

*Crecimiento radial del hongo Fusarium spp. por efecto de las dosis del llantén (Plantago major)*





Los resultados obtenidos son respaldados por Soledad y Guerrero (2022), informaron que el extracto acuoso de *Plantago major*, limita el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. en condiciones de laboratorio, bajo la concentración de 25% del extracto acuoso de *Plantago major* L. presentó el mayor índice de inhibición del crecimiento micelial demostrando el efecto antifúngico, lo cual ha sucedido lo mismo con *Fusarium* sp.

Pax (2015), manifiesta que el extracto de *Plantago major*, fue efectivo para inhibir el desarrollo micelial de *F. oxysporum* con una dosis mínima del 8.0%; en cuanto a la composición química de estas plantas destaca la presencia de flavonoides, terpenos, taninos y cumarinas, indicando que el ingrediente identificado por su actividad antimicrobiana es la aucubina, que es un glicosido iridoide que pertenece al grupo de los terpenos.

Los resultados son corroborados del análisis de varianza que se observa de la tabla 30 y 31 del anexo 2.

En la tabla 30 y 31 del anexo 2, se visualiza el resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp., tratado con aceite esencial del llantén (*Plantago major*), de todas las evaluaciones realizadas (primera a decima), en donde se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis, entendiéndose que hubo diferencias en el crecimiento radial del hongo por efecto de las dosis de aceite esencial de llantén.

Los Coeficientes de Variación oscilaron desde 6.09% (tercera evaluación) hasta 14.25% (decima evaluación), por tratarse de un trabajo en laboratorio, algunos valores del CV fueron ligeramente altos, debido probablemente a que algún factor no se logró controlar totalmente, incidiendo ello en los valores encontrados. En un estudio de

laboratorio el CV puede ser afectado por diversos factores, como la concentración, la linealidad y el margen de error, la precisión, la estabilidad, el equipo, los métodos de preparación de muestras, las fuentes de error, la desviación estándar la media entre otros factores alterando los valores del Coeficiente de Variabilidad UNODC (2010) y FasterCapital (2024), así mismo en el contexto de la precisión de un experimento, se menciona que, si el valor del Coeficiente de Variación supera el 30%, los datos pueden considerarse poco precisos y deberían ser descartados por su baja precisión Mendoza *et al.*, (2015).

#### 4.3. CRECIMIENTO RADIAL (mm/día) DEL FITOPATÓGENO *Fusarium* SPP. POR EFECTO DE LAS DOSIS DE ACEITE ESENCIAL DEL DEL ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)

En la tabla 7, se observa que, desde la primera, hasta la quinta evaluación no existe diferencias estadísticas significativas, pero numéricamente está destacando la dosis de 50% seguido de la dosis del 30% de romero (*Rosmarinus officinalis*) que impidió el crecimiento radial del hongo.

##### Tabla 7

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones de romero (*Rosmarinus officinalis*) en el crecimiento radial del hongo *Fusarium spp.* en las primeras cinco fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 1 (01/12/2022)	Fecha 2 (02/12/2022)	Fecha 3 (03/12/2022)	Fecha 4 (04/12/2022)	Fecha 5 (05/12/2022)
0 %	2.69 a	3.39 a	3.39 a	3.40 a	3.40 a
30 %	2.18 a	2.45 a	2.54 a	2.59 a	2.70 a
50 %	1.81 a	1.93 a	1.94 a	1.95 a	2.32 a

Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

En la tabla 8, se observa que desde la sexta hasta la octava evaluación existe diferencias estadísticas significativas, pero en la novena y décima evaluación, no existe diferencias estadísticas significativas, pero numéricamente está destacando la dosis de 50% seguido de la dosis del 30% de romero (*Rosmarinus officinalis*) que impidió el crecimiento radial del hongo.

### Tabla 8

*Pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de las concentraciones de romero (*Rosmarinus officinalis*) en el crecimiento radial del hongo *Fusarium spp.* en las cinco últimas fechas de evaluación*

Concentraciones (%)	Fecha 6 (06/12/2022)	Fecha 7 (07/12/2022)	Fecha 8 (12/12/2022)	Fecha 9 (13/12/2022)	Fecha 10 (14/12/2022)
0 %	3.96 a	4.28 a	4.28 a	4.28 a	4.28 a
30 %	2.88 a b	3.06 a b	3.75 a	4.08 a	4.08 a
50 %	2.51 b	2.39 b	2.42 b	2.81 a	2.87 a

Nota. Tratamientos que tienen la misma letra son iguales estadísticamente, en caso contrario son diferentes

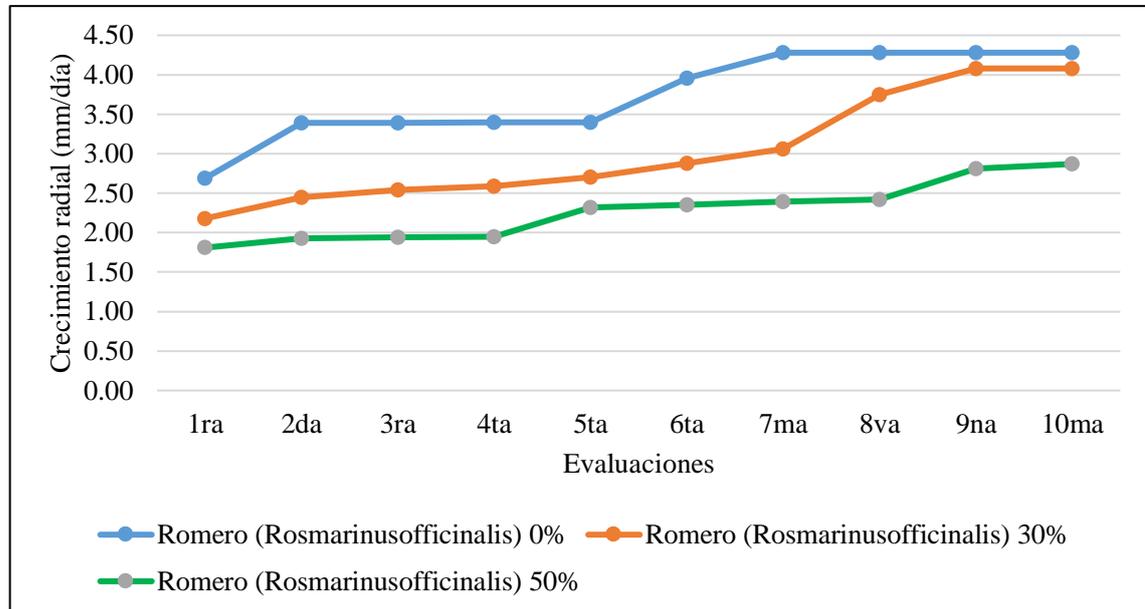
La significancia estadística en las evaluaciones, muestra que en todas las evaluaciones se encontraron diferencias estadísticamente corroborando de esta manera lo encontrado en el ANVA, lo que indica que existen diferencias reales entre las dosis de la planta antifúngica llanten comparadas en las evaluaciones realizadas.

Para corroborar todo lo explicado en los párrafos precedentes, sobre el efecto de romero (*Rosmarinus officinalis*) con sus respectivas concentraciones evaluadas, en la Figura 20, se observa claramente que el testigo tuvo mayor crecimiento del hongo ya que no tuvo ninguna dosis del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*), pero sí, hay una reducción en el crecimiento radial del hongo con las dosis de 50 y 30% de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*), entre ellos, el que más destacó en las 10 evaluaciones fue la dosis del 50% diferenciándose con la dosis del 30%.

**Figura 20**

*Crecimiento radial del hongo Fusarium spp. por efecto de las dosis de romero*

*(Rosmarinus officinalis)*



Los resultados obtenidos son respaldados por Salazar (2018), quien al probar diferentes concentraciones del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* (2,0; 5,0; 10,0 y 50,0  $\mu\text{L.mL}^{-1}$ ), demostró que a medida que se incrementa la concentración se redujo significativamente el crecimiento micelial de *F. oxysporum* desde 88,60; 77,67; 44,66 hasta 0,00% respectivo al tratamiento control, corroborando los resultados encontrados en la investigación al mostrar un efecto antifúngico. Sin embargo, Castro et al. (2020), concluyen que el extracto metanólico de *Rosmarinus officinalis* (Romero) puede ser utilizado para el manejo de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, con menor efectividad que otros extractos vegetales.

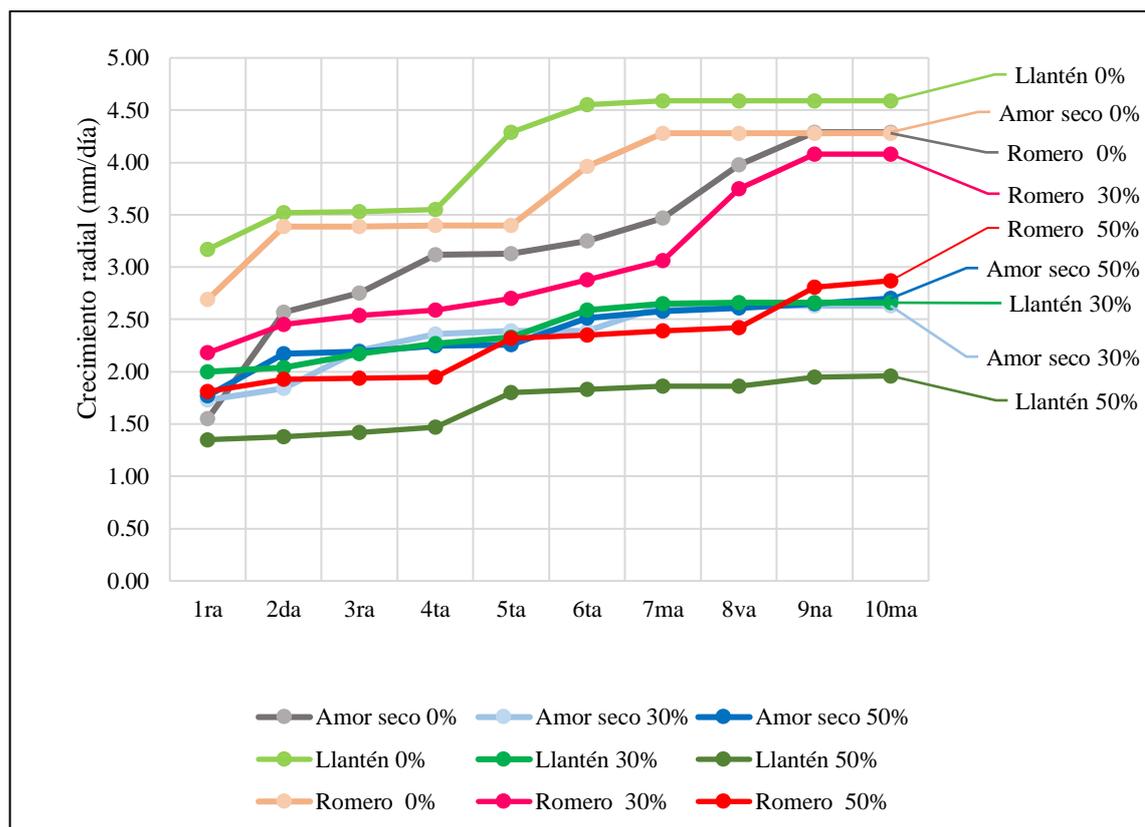
Además, teniendo en cuenta la gran cantidad de componentes presentes en el aceite esencial de romero (Djeddi, et al., 2007), es probable que su actividad antifúngica no tenga un mecanismo específico. Por ello, el efecto inhibitor de este aceite esencial generalmente probablemente se deba a algún componente en especial o la mezcla de los

componentes que lo conforman. Además, estos componentes presentan carácter lipofílico e hidrofóbico que son importantes debido a la polaridad que estos poseen.

Por otro lado, Freisesleben y Jager (2014), confirman que los componentes encontrados en el aceite esencial romero pertenecen a la serie de los monoterpenos, pueden afectar diferentes sitios de la célula y los mecanismos probables de actividad antifúngica sería la inhibición de la formación de la pared celular fúngica, que al inhibirse la síntesis de los  $\beta$ -glucanos, se interrumpiría la integridad de la pared celular.

**Figura 21**

*Crecimiento radial del hongo Fusarium spp. por efecto de las dosis de amor seco, llantén y romero*



En la figura 21, se observa un comparativo del crecimiento radial del hongo por efecto de los aceites esenciales de amor seco (*Bidens pilosa*), llantén (*Plantago major*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) a diferentes concentraciones (0%, 30% y 50%); en la



figura, se observa claramente que en todos los casos el testigo tuvo mayor crecimiento del hongo, de los tres aceites esenciales, el de llantén al 50% tuvo un efecto mayor al impedir el crecimiento del hongo, seguido de amor seco al 30% y llantén al 30%.

Los resultados anteriores de los tres aceites esenciales para el control de *Fusarium*, se puede decir que es relevante si se considera que hay productos químicos que se aplican una o más veces por semana y no logran estos resultados, incluso en condiciones de laboratorio no logran inhibir al 100% el crecimiento del micelio, tal como lo reportan Yossen y Conles (2016), que, en su trabajo con moléculas comerciales, alcanzan una inhibición de entre el 60 y el 97%. Por otro lado, Ugarte (2020), tuvo menor efecto de control de moniliasis en la mazorca del cacao, en el crecimiento de micelial del hongo con Extracto etanólico de llantén a diferencia de otros productos como Extracto etanólico canela, Extracto etanólico tabaco y Etanol 96 grado de pureza.

Quispe (2017), demostró que los aceites esenciales de plantas con propiedades biocidas son más efectivos a comparación de ciertos fungicidas comerciales, aclarando que la concentración si influye sobre el porcentaje de inhibición sobre el patógeno a nivel de laboratorio. De igual forma Lanza (2013), demostró que la concentración influyo sobre el control de *Fusarium* sp, concluyendo que en algunos casos la combinación de dos plantas con propiedades biocidas tiene mejor control sobre el patógeno. Pawar y Thaker (2007) al comparar 75 aceites esenciales para controlar *Fusarium oxysporum* f. sp, cicer, tuvo mejor efecto de control con la canela (*Cinnamomum zeylanicum*), la casia (*Cinnamomum cassia*), el clavo (*Syzygium aromaticum*) y la hierba de limón (*Cymbopogon citratus*) porque tuvieron un alto efecto inhibitor.

Al observar los resultados, se podría indicar que, los extractos de plantas y aceites esenciales de cada planta podrían contener hasta más de 60 ingredientes, varios de los



cuales pueden tener propiedades antifúngicas. Siempre existen como mezclas de compuestos, y los patógenos pueden verse afectados de manera diferente por compuestos individuales o mezclas en concentraciones y proporciones específicas (Montes, 2009) Lo que es corroborado por el análisis de varianza que se observa en la tabla 32 y 33 del anexo 2.

En la tabla 32 y 33 del anexo 2, se visualiza el resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo *Fusarium* spp., tratado con aceite esencial del romero (*Rosmarinus officinalis*), desde la primera hasta la décima evaluación, en donde en la tercera evaluación se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis, entendiéndose que hubo diferencias en el crecimiento radial del hongo por efecto de las dosis de aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, lo cual significa que entre las dosis se tuvo diferente efecto sobre el crecimiento del hongo.

Los Coeficientes de Variación oscilaron desde 14.70% (decima evaluación) hasta 29.78% (primera evaluación), por tratarse de un trabajo en laboratorio, algunos valores del CV fueron ligeramente altos, debido probablemente a que algún factor no se logró controlar totalmente, incidiendo ello en los valores encontrados. En un estudio de laboratorio el CV puede ser afectado por diversos factores, como la concentración, la linealidad y el margen de error, la precisión, la estabilidad, el equipo, los métodos de preparación de muestras, las fuentes de error, la desviación estándar la media entre otros factores alterando los valores del Coeficiente de Variabilidad UNODC (2010) y FasterCapital (2024), así mismo en el contexto de la precisión de un experimento, se menciona que, si el valor del Coeficiente de variación supera el 30%, los datos pueden considerarse poco precisos y deberían ser descartados por su baja precisión Mendoza *et al.*, (2015).



## V. CONCLUSIONES

- El efecto de los aceites esenciales de las tres plantas antifúngicas, mostró control sobre el hongo *Fusarium spp.*, con aplicaciones de las dosis de 50% para el Llantén (*Plantago major*) y para el Romero (*Rosmarinus officinalis*) y una dosis de 30% Amor seco (*Bidens pilosa*), mostrando efectos positivos de control de *Fusarium spp.* después de la quinta fecha.
- El mayor efecto que tuvo el aceite esencial del amor seco (*Bidens pilosa*) que impidió el crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium spp.* fue a la dosis del 30%, pues con él, solo se registró 2.63 mm. en la décima evaluación, frente al testigo que tuvo un crecimiento de 4.29 mm. en el décimo día de evaluación.
- El mayor efecto del aceite esencial de Llantén (*Plantago major*) que impidió el crecimiento del hongo *Fusarium spp.* fue a la dosis del 50%, registrándose solo 1.96 mm.,
- Frente al testigo que tuvo un crecimiento de 4.59 mm. en el décimo día.
- El mayor efecto del aceite esencial de Romero (*Rosmarinus officinalis*) que tuvo su mejor respuesta contra el crecimiento del hongo *Fusarium spp.* fue en la concentración del 50%, registrándose solo 2.87 mm., frente al testigo que tuvo un crecimiento de 4.28 mm. en el décimo día.



## VI. RECOMENDACIONES

- Validar los resultados de la presente investigación en campos de diferentes cultivos de los agricultores atacados por Fusarium.
- Evaluar mayores dosis de aplicación por encima del 50% de aceites esenciales de Romero y Llantén.
- Continuar con investigaciones considerando de preferencia plantas de nuestro medio cuyo aceite vegetal posea propiedades antifúngicas para el control de Fusarium spp.
- Proseguir con investigaciones donde el objetivo específico sea determinar en qué parte de la arquitectura de la planta del llantén (por haber tenido buenos resultados) se halla la mayor concentración del aceite esencial que inhiba el desarrollo de Fusarium spp.
- Realizar trabajos de investigación dirigidos a mejorar la obtención de la concentración de los aceites esenciales de aquellas plantas con propiedades biocidas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, N. (2023). Aceites esenciales de plantas: ¿el arma secreta contra las bacterias resistentes? Universidad CEU San Pablo. Madrid-España.
- Agrios, G.N. (2008). Patología Vegetal. Quinta Edición. ELSEVIER. Florida, Estados Unidos de América.
- Agrios, G. N. (2005). Plant Pathology 2.0. In RR Donnelley & Sons Company (Ed.), *Molecular Plant Pathology* 15(4). Elsevier. DOI <https://doi.org/10.1111/mpp.12135>
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- Alitonou, G. A.; Wotto D. V.; Ahoussi, E.; Dangou, J.; Sohounhloué, E.; Dominique, C.K. (2004). Composition Chimique, Propriétés Antimicrobiennes et Activités sur les Tiques de l'huile Essentielle de *Eucalyptus tereticornis* Sm Chimie. 1051-1055 pp.
- Andrade-Bustamante, G., Manelik García-López, A., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzim, C. E., Borboa-Flores, J., & Rueda-Puente, E. O. (2017). Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México: Control de fitopatógenos. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(1), 127–142.
- Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., ... Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
- Blanco Ulate, B., Saborío, A., & Garro Monge, G. (2008). Descripción anatómica, propiedades medicinales y uso potencial de *Plantago major* (llantén mayor). *Tecnología En Marcha*, 21(2), 17–24.



- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Batish, R.D.; Singh, P.H.; Kohli, K.R.; Kaur, S. (2008). Eucalyptus essential oils as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*. 256, 2166-2174pp.
- Barnett, HL y Hunter, BB. (1998). Géneros ilustrados de hongos imperfectos. Cuarta edición, Burgess Publishing Company, Minn., EE.UU.
- Bankova V, Popova M, Bogdanov S y Sabatini A. Chemical composition of European propolis: Expected and unexpected results. *Z Naturforsch*. 2002; 57(5-6):530-3. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12132697>
- Brito, R. C., Manoel Neto, A., Medeiros Filho, S., Araujo, R. C., & Alves, M. C. S. (2014). Allelopathic effect of essential oils of medicinal plants in *Bidens pilosa* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. [https://doi.org/10.1590/1983-084x/12\\_134](https://doi.org/10.1590/1983-084x/12_134)
- Caballero, C. A., Villacorta, L. M., & Vásquez, C. P. (2011). Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chicha de maíz (*Zea mays* L.), variedad morado. *Pueblo cont.*, 123-132.
- Cáceres, A. (2009). *Vademécum Nacional de Plantas Mediciniales*. Editorial Universitaria. Guatemala.
- Calderón, C. A., Gutiérrez, J. P., Álvarez, L., Granda, D., Valarezo, E., & Ramírez, C. (2018). PLC-based temperature controller applied to a distiller of essential oils by water-steam drag. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, 2018-June (June), 1–7. DOI <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399308>
- Cerpa, M.; Palomino, C. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales*. Valladolid, España: UV



- Cerqueira M, Barcellos H, Bueno P, Aires J, Dummer M. (2016). Antifungal activity of plants extracts with potential to control plant pathogens in pineapple. *Asian Pac J Trop Biomed.* 6:26-31. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.09.026>
- Chaves-Bedoya, G., Ortiz-Moreno, M. L., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66–72. DOI <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/acag>
- Cui, N., Xu, H., Yao, S., He, Y., Zhang, H., & Yu, Y. (2018). Chiral triazole fungicide tebuconazole: enantioselective bioaccumulation, bioactivity, acute toxicity, and dissipation in soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(25), 25468– 25475. DOI <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2587-9>
- Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial activity of some essential oils-present status and future perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. <https://doi.org/10.3390/medicines4030058>
- Dixon, R. (2001). Productos naturales y la resistencia a las enfermedades vegetales. De la naturaleza. EE.UU. 42 p.
- DECCO. (2022). Tus cítricos se merecen lo mejor. [tps://www.deccopostharvest.com/es](https://www.deccopostharvest.com/es)
- Dwivedy, A. K., Prakash, B., Chanotiya, C. S., Bisht, D., & Dubey, N. K. (2017). Chemically characterized *Mentha cardiaca* L. essential oil as plant-based preservative in view of efficacy against biodeteriorating fungi of dry fruits, aflatoxin secretion, lipid peroxidation and safety profile assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 106, 175– 184. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.05.043>
- Díaz, P.; Cabrera, M.; Alem, D.; Larrañaga, P.; Ferreira, F. y Dalla, M. (2011). Antifungal activity of medicinal plant extracts against phytopathogenic fungus *Alternaria* spp. *Chilean J Agric Res.* 71: 231 - 239.
- Di Pasqua, R., Hoskins, N., Betts, G., & Mauriello, G. (2006). Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media. *Journal*



of Agricultural and Food Chemistry, 54(7), 2745–2749. DOI  
<https://doi.org/10.1021/jf0527221>

- Djeddi, D.; Bouchenah, N.; Settarn, I. and Skaltsa, H.D. (2007). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* from Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*, 43 (4): 487 – 490.
- Domínguez, X. A. y Domínguez S., X. A., (1990). *Química Orgánica Experimental*. Limusa-Noriega, México.
- Elshafie, H. S., Mancini, E., Sakr, S., De Martino, L., Mattia, C. A., De Feo, V., & Camele, I. (2015). Antifungal activity of some constituents of *Origanum vulgare* L. essential oil against post-harvest disease of peach fruit. *Journal of Medicinal Food*, 18(8), 929-934. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0167>
- FasterCapital (2024). Ventajas y limitaciones del Coeficiente de Variación. Disponible en:<https://fastercapital.com/es/tema/ventajas-y-limitaciones-del-coeficiente-de-variacion.html>
- Freisesleben, S.H. y Jager, A.K. (2014). Correlation between plant secondary metabolites and their antifungal mechanism - a review. *Med. Arom. Plants*. 3: 1 – 6.
- Fisher, K., & Phillips, C. A. (2006). The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6), 1232-1240.
- García-García R. M.; Palou-García. (2008). Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. *Temas Selectivos de Ingeniería de Alimentos.*, 2(2), 41–51. Recuperado de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2\(2\)-García-Garcia-et-al2008a.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2(2)-García-Garcia-et-al2008a.pdf)
- Gil, E. y Saez, A. (2005). Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía cero emisiones. *Cuaderno de Investigación*, 30, 42.



- Jiménez, K & G. Garro. (2017). Establecimiento de callogénesis somática en *Plantago major* e identificación de compuestos con actividad biológica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30(1):38-48.
- Granados, C., C., & Yáñez, X., Santafé, G. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua: Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12–23.  
<https://biblat.unam.mx/hevila/BistuaPamplona/2012/vol10/no1/2.pdf>
- Gupta, M., Santana, A.I. y Espinosa, A. (2012). Plantas medicinales de Panamá. Monografía.  
<https://www.oas.org/es/sedi/femcidi/pubs/libro%20de%20plantas%20medicinal%20de%20panama.pdf>
- Hammami, S; H. Debbabi; I. Jlassi; R.K. Joshi & R. El Mokni. 2020. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from the aerial parts of *Plantago afra* L. (Plantaginaceae) growing wild in Tunisia. *South African Journal of Botany* 132:410-414.
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., & Khalid, A. (2009). Chapter 5 Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions. *Advances in Agronomy*, 102(9). Elsevier Inc. DOI [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01005-0)
- Isman, M. B., Miresmailli, S., & MacHial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>
- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez-López, P., & Cruz Crespo, E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 119-129.  
<https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.06>
- Jurado, M., Vázquez, C., Patiño, B., & González-Jaén, M. T. (2005). PCR detection assays for the trichothecene-producing species *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium poae*, *Fusarium equiseti* and *Fusarium sporotrichioides*.



Systematic and Applied Microbiology, 28(6), 562–568. DOI <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2005.02.003>

- Lanza, P. P. V. (2013). Efecto inhibitorio *in vitro* del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis* Linn. Osbeck.) sobre *Fusarium* spp. en puno. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profesional de Ingeniería Agronómica. Puno, Perú. 54 p.
- Lastra, H. A., & De León, H. P. (2001). *Bidens pilosa* Linné. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*.
- Lock, O. (2016). Métodos en el Estudio de Productos Naturales. Investigación Fitoquímica. 3ra ed. Fondo Edit. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima Perú.
- López, A., Vélez, M., Sánchez, M., Bonilla, C., & Gallo, P. (2006). Evaluación de extractos vegetales para manejo de hongos patógenos en banano y fresa almacenados. *Acta Agronomica*, 55(3), 39–44. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/478/823](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/478/823)
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Cai, L., & Crous, P. W. (2019). Changing the game: Resolving systematic issues in key *Fusarium* species complexes. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 43, DOI <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.00>
- Londoño, O.; Penieres, J.; García, C.; Carrillo, L.; Quintero, M.; García, S.; Mendoza, M. y Cruz, S. (2008). Estudio de la actividad antifúngica de un extracto de propóleo de la abeja *Apis mellifera* proveniente del estado de México. *Tecnología en Marcha*. Vol. 21-1: 49-55.
- Marqués, M. (2015). Composición química de los aceites esenciales de Lavanda y Tomillo. Determinación de la actividad antifúngica. (Tesis de pregrado) Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/62057/TFG MANUEL MARQUES CAMARENA\\_14489064360187381276109123176571.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/62057/TFG_MANUEL_MARQUES_CAMARENA_14489064360187381276109123176571.pdf?sequence=1)



- Mendoza, R.G. y Buitrago, T. C (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)Universidad de Costa Rica.
- Melo, M.G. (2015). Calidad microbiológica y micológica del pimentón (*Capsicum annum* L.) producido en el departamento de Santa María, provincia de Catamarca. estrategias alternativas de control con extractos vegetales. Tesis de Posgrado. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, Argentina. 105 p. [https://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/1363/1/TM\\_MeloGonzalez.pdf](https://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/1363/1/TM_MeloGonzalez.pdf)
- Montes B. R. (2009). Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Micología*, 29, 73-82.
- Moreno-López J. P. (2011). Actividad antifúngica de los extractos vegetales de *Piper eripodon* y *Zanthoxylum monophyllum* y sus metabólicos secundarios mayoritarios sobre dos hongos fitopatógenos de clavel (*Dianthus caryophyllus*). Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 141 p.
- Moreno, G.J. (2019). Comparación in vitro del efecto antifúngico entre los extractos hidroetanólicos de *Rosmarinus officinalis* (Romero) y Propóleo sobre cepas de *Candida albicans* ATCC 10231, Trujillo-2018. Trujillo, Perú. 87 p. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/10695>
- Moya, I. (2018). Efecto anti fúngico del extracto etanólico y acuoso de las hojas de *Plantago major* L. “llantén” sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11980/MoyaValdez%2CIgridVanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Musa, O y Chalchat J. (2008). Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *Rev Internacional de Ciencias de la Alimentación*. 59 (7):691-698. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09637480701777944>
- Necha, L. L. B., y Barrera, L. J. G. (2009). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (*Carica papaya*). *Revista UDO Agrícola*, 8 (1), 33-41.



- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.048>
- Oseida, M. Z. V. (2018). Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) (Tesis pregrado) Universidad Rafael Landívar. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9). DOI <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>
- Oves, M., Khan, M. Z., & Ismail, I. M. I. (2017). Modern age environmental problems and their remediation. *Modern Age Environmental Problems and Their Remediation*, February, 1–237. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-64501-8>
- Pawar, V. C. y Thaker, V. S. (2007). Evaluation of the anti-*Fusarium oxysporum* f. sp *cicer* and anti-*Alternaria porri* effects of some essential oils. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(8), 1099-1106.
- Pax, E.L. (2015). Evaluación de la actividad inhibitoria de 12 extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de los hongos fitopatógenos: *Fusarium oxysporum* y *Alternaria solani*, en Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz. 173 p.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17\\_0649.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0649.pdf)
- Perczak, A., Gwiazdowska, D., Gwiazdowski, R., Juś, K., Marchwińska, K., & Waśkiewicz, A. (2020). The inhibitory potential of selected essential oils on *fusarium* spp. Growth and mycotoxins biosynthesis in maize seeds. *Pathogens*, 9(1). DOI <https://doi.org/10.3390/pathogens9010023>
- Peredo, A., E, Luna, E. Palou – García y López- Malo, A. (2009). Aceites esenciales: Métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 9(1), 24–32. Recuperado de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Peredo-Luna-et-al2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Peredo-Luna-et-al2009.pdf)
- Purca, T. (2013). Efectividad antibacteriana «in vitro» del extracto etanólico de *Rosmarinus officinalis* (romero) sobre la flora salival. Tesis de Cirujano Dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 97 p.



- Quispe, F. K.K. (2017). Efecto antimicótico del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña) en cepas de *Fusarium* sp. puno – 2017. Tesis Licenciada en Biología. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología. Puno, Perú. 119 p.
- Ramezani, Singh, Batish, Kohli. (2002). Actividad antifúngica de los aceites volátiles de *Eucalyptus citriodora*. Fitoterapia. Estados Unidos. 261-262 pp.
- Reverchon, E. (1997). Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products. *Journal of Supercritical Fluids*. [https://doi.org/10.1016/S0896-8446\(97\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(97)00014-4)
- Robu, V., Covaci, G., & Popescu, I. M. (2015). The use of essential oils in organic farming. *Research Journal of Agricultural Science*, 47(4), 134-137.
- Rodríguez, H. R., Torres. E. y Sanabria, A. (1999). Actividad de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani*. Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Universidad Nacional de Colombia. Fac. de Agronomía y Facultad de Ciencias. p 139.
- Salazar, M.L. (2018). Efecto de la concentración del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* “romero” sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum*. Tesis de Pregrado. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. 37 p. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27706/salazar\\_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27706/salazar_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Şahin F, Güllüce M, Daferera D, Sökmen A, Sökmen M y cols (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control*, Volume 15, Issue 7.
- Sreenivasa, M. Y., Dass, R. S., Charith Raj, A. P., Nagendra Prasad, M. N., Achar, P. N., & Janardhana, G. R. (2011). Assessment of the growth inhibiting effect of some plant essential oils on different *Fusarium* species isolated from sorghum and maize grains. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 118(6), 208–213. DOI <https://doi.org/10.1007/BF03356405>



- SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2012). Análisis de riesgo de plagas para la importación de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) a México. Dirección general de Sanidad Vegetal. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.
- Samsidar Alfredo Rodríguez-Castro, Sandra Torres-Herrera, Antonio DomínguezCalleros, Ana Romero-García, Miguel Silva-Flores (2020). Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. 3. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.7>
- Solano, L. (2018). Efecto antifúngico del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. “romero” sobre cepas de *Cándida albicans* ATCC10231 comparado con fluconazol. Tesis para obtener el título profesional de Médico cirujano. Universidad César Vallejo. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25513/solano\\_rl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25513/solano_rl.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Soledad, M.A. & Guerrero, A.M. (2022). Efecto antifúngico del extracto acuoso de *Plantago major* L. “llantén” (Plantaginaceae) en *Lasioidiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. *Arnaldoa* 29 (3): 401-414, 2022. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.293.29302>
- Sumalan, R. M.; Alexa, E., y Poiana, M. A. (2013). Assessment of inhibitory potential of essential oils on natural mycoflora and *Fusarium* mycotoxins production in wheat. *Chemistry Central Journal*, 7(1), 1-12.
- Tamayo y Tamayo, M. (2007). El proceso de la Investigación Científica; incluye glosario y manual de evaluación de proyectos (4a. ed.). Guadalajara: LIMUSA.
- Tamilselvi N, Arumugam T. (2017). Breeding Approaches for Sustainable Vegetable Production—A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. App.* 6:2845-2860. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.336>



- Tjamos, EC y CH . Beckman (1989). Enfermedades del marchitamiento vascular de las plantas: estudios básicos y control. En: NATO ASI Serie H: Biología celular, vol. 28.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Ugarte, K.K. (2020). Uso de cinco extractos botánicos en el control de moniliasis (Moniliophthora roreri, CIF Y PAR) EN el cultivo de cacao. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 67 p.  
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16151/1/TTUACA-2020-IA-DE00034.pdf>
- UNODC (2010). Directrices para la validación de métodos analíticos y la calibración del equipo utilizado para el análisis de drogas ilícitas en materiales incautados y especímenes biológicos. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.unodc.org/documents/scientific/Validation\\_Manual\\_STNAR41\\_Ebook\\_S.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Validation_Manual_STNAR41_Ebook_S.pdf)
- Vallejos, E. (2017). Efecto antifúngico in vitro del extracto acuoso de Rosmarinus officinalis “romero” contra Candida albicans. Tesis de Pregrado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. 65 p.  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4086/Vallejos%20OCampos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valero, A.M. 2021. Potencial de los Aceites Esenciales de Tomillo (Thymus vulgaris) y Orégano (Origanum vulgare) para el Control de Fusarium spp. en Chenopodium quinoa y su Efecto Sobre la Microbiota del Suelo. Tesis de Pregrado. Universidad de Boyaca. Tunja. 108 p.  
[https://repositorio.uniboyaca.edu.co/bitstream/handle/uniboyaca/559/documento\\_AdrianaMarcelaValeroPosada%20%283%29-1-108.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uniboyaca.edu.co/bitstream/handle/uniboyaca/559/documento_AdrianaMarcelaValeroPosada%20%283%29-1-108.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vásquez Covarrubias, Daniel Antonio, Montes Belmont, Roberto, Jiménez Pérez, Alfredo, & Flores Moctezuma, Hilda Elizabet. (2013). Aceites Esenciales y Extractos Acuosa para el Manejo in vitro de Fusarium oxysporum f. sp.



lycopersici y *F. solani*. *Revista mexicana de fitopatología*, 31(2), 170-179.  
Recuperado en 10 de noviembre de 2024, de  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200008&lng=es&tlng=es).

Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp . y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales Current situation of *Fusarium* spp in the control and evaluation of the antifungal activity on vegetables extracts Introducción. *Acta Agronómica*, 64(2), 194–205.  
DOI <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>

Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W. (2007). *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26(7), 877–885. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.09.003>

Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W. (2007). *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26(7), 877–885. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.09.003>

Yossen, V.E., Conles, M.Y. 2016. Eficacia de fungicidas in vitro para el control de *Fusarium oxysporum* y *F. proliferatum*, agentes causales de marchitamiento en el cultivo de orégano en la Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 91(1), 19-25.  
<https://riat.eeaoc.org.ar/ojs/index.php/riat/article/view/v91n1a03/33>

Zavaleta, E. (2000). La valoración de los servicios ambientales perdidos a la invasión de *Tamarix* en los Estados Unidos. En H.A. Mooney y R.J. Hobbs, eds. *Especies Invasoras en un mundo cambiantel*. Washington, D.C: Island Press. 18 p.

Zhu, Z., Chen, L., Zhang, W., Yang, L., Zhu, W., Li, J., Liu, Y., Tong, H., Fu, L., Liu, J., Rasheed, A., Xia, X., He, Z., Hao, Y., & Gao, C. (2020). Genome-Wide Association Analysis of *Fusarium* Head Blight Resistance in Chinese Elite Wheat Lines. *Frontiers in Plant Science*, 11(February), 1–11.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00206>



## ANEXOS

**ANEXO 1.** Datos evaluados por fecha del crecimiento radial de *Fusaroum* por efecto de los tres aceites esenciales

**Tabla 9**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Amor seco al 0% por fechas.*

Tratamiento: Amor seco <i>Bidens pilosa</i> (TA)			
Repetición Amor seco 00% (TA 0%)			
Fecha	TA 01	TA 02	TA 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	0.69	2.06	1.91
02/12/2022	2.67	2.42	2.63
03/12/2022	3.10	2.42	2.73
04/12/2022	3.23	2.43	3.69
05/12/2022	3.25	2.43	3.70
06/12/2022	3.28	2.71	3.75
07/12/2022	3.32	3.28	3.80
12/12/2022	3.38	4.16	4.39
19/12/2022	4.32	4.16	4.39
20/12/2022	4.32	4.16	4.39

**Tabla 10**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Amor seco al 30% por fechas.*

Tratamiento: Amor seco <i>Bidens pilosa</i> (TA)			
Repetición Amor seco 30% (TA 30%)			
Fecha	TA 01	TA 02	TA 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	1.77	1.64	1.78
02/12/2022	1.77	1.84	1.91
03/12/2022	2.77	1.86	1.98
04/12/2022	2.78	2.00	2.31
05/12/2022	2.78	2.02	2.38
06/12/2022	2.78	2.02	2.38
07/12/2022	2.78	2.43	2.68
12/12/2022	2.78	2.43	2.68
19/12/2022	2.78	2.43	2.68
20/12/2022	2.78	2.43	2.68

**Tabla 11**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Amor seco al 50% por fechas.*

Tratamiento: Amor seco <i>Bidens pilosa</i> (TA)			
Repetición Amor seco 50% (TA 50%)			
Fecha	TA 01	TA 02	TA 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	1.82	1.95	1.53
02/12/2022	2.25	2.24	2.01
03/12/2022	2.30	2.26	2.01
04/12/2022	2.42	2.31	2.02
05/12/2022	2.44	2.33	2.02
06/12/2022	2.52	2.42	2.60
07/12/2022	2.66	2.46	2.62
12/12/2022	2.68	2.50	2.65
19/12/2022	2.72	2.55	2.68
20/12/2022	2.76	2.65	2.69

**Tabla 12**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Llantén al 0% por fechas.*

Tratamiento: Llantén <i>Plantago major</i> (TLL)			
Repetición Llantén 00% (TLL0%)			
Fecha	TLL 01	TLL 02	TLL 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	3.43	2.72	3.37
02/12/2022	3.55	3.37	3.65
03/12/2022	3.57	3.38	3.65
04/12/2022	3.57	3.41	3.66
05/12/2022	4.57	3.63	4.66
06/12/2022	4.59	4.41	4.66
07/12/2022	4.64	4.47	4.66
12/12/2022	4.64	4.47	4.66
19/12/2022	4.64	4.47	4.66
20/12/2022	4.64	4.47	4.66

**Tabla 13**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Llanten al 30% por fechas.*

Tratamiento: Llanten <i>Plantago major</i> (TLL)			
Repetición Amor seco 30% (TLL30%)			
Fecha	TLL 01	TLL 02	TLL 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	2.13	1.78	2.09
02/12/2022	2.13	1.83	2.17
03/12/2022	2.13	2.18	2.20
04/12/2022	2.40	2.19	2.22
05/12/2022	2.46	2.21	2.31
06/12/2022	3.17	2.28	2.32
07/12/2022	3.24	2.37	2.33
12/12/2022	3.24	2.40	2.33
19/12/2022	3.24	2.40	2.33
20/12/2022	3.24	2.40	2.33

**Tabla 14**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Llanten al 50% por fechas.*

Tratamiento: Llanten <i>Plantago major</i> (TLL)			
Repetición Llanten 50% (TLL50%)			
Fecha	TLL 01	TLL 02	TLL 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	1.43	1.51	1.11
02/12/2022	1.44	1.52	1.19
03/12/2022	1.44	1.62	1.21
04/12/2022	1.45	1.73	1.22
05/12/2022	1.45	1.83	2.13
06/12/2022	1.45	1.87	2.16
07/12/2022	1.45	1.89	2.23
12/12/2022	1.45	1.89	2.25
19/12/2022	1.45	1.89	2.50
20/12/2022	1.45	1.89	2.55

**Tabla 15**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Romero al 0% por fechas.*

Tratamiento: Romero <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (TR)			
Repetición Romero 00% (TR 0%)			
Fecha	TR 01	TR 02	TR 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	2.97	2.60	2.50
02/12/2022	3.62	3.94	2.60
03/12/2022	3.62	3.94	2.60
04/12/2022	3.63	3.95	2.61
05/12/2022	3.63	3.95	2.61
06/12/2022	3.83	4.08	3.98
07/12/2022	4.05	4.31	4.47
12/12/2022	4.05	4.31	4.47
19/12/2022	4.05	4.31	4.47
20/12/2022	4.05	4.31	4.47

**Tabla 16**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Romero al 30% por fechas.*

Tratamiento: Romero <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (TR)			
Repetición Romero 30% (TR 30%)			
Fecha	TA 01	TA 02	TA 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	2.87	2.53	1.14
02/12/2022	2.88	2.94	1.53
03/12/2022	2.88	3.12	1.62
04/12/2022	2.89	3.13	1.75
05/12/2022	2.89	3.42	1.80
06/12/2022	3.19	3.62	1.83
07/12/2022	3.22	4.10	1.86
12/12/2022	3.89	4.52	2.83
19/12/2022	4.89	4.52	2.83
20/12/2022	4.89	4.52	2.84

**Tabla 17**

*Datos concernientes al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+Romero al 50% por fechas.*

Tratamiento: Romero <i>Rosmarinus officinalis</i> L (TR)			
Repetición Romero 50% (TR 50%)			
Fecha	TA 01	TA 02	TA 03
	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)	Coordenada (cm)
01/12/2022	2.31	1.08	2.04
02/12/2022	2.39	1.08	2.32
03/12/2022	2.40	1.08	2.34
04/12/2022	2.40	1.08	2.38
05/12/2022	2.42	2.15	2.40
06/12/2022	2.45	2.18	2.43
07/12/2022	2.48	2.25	2.45
12/12/2022	2.50	2.30	2.46
19/12/2022	2.52	2.50	3.40
20/12/2022	2.55	2.60	3.45

**Tabla 18**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, primera fecha de evaluación.*

Primera fecha= 01/12/2022									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	0.69	1.77	1.82	3.43	2.13	1.43	2.97	2.87	2.31
R2	2.06	1.64	1.95	2.72	1.78	1.51	2.60	2.53	1.08
R3	1.91	1.78	1.53	3.37	2.09	1.11	2.50	1.14	2.04
Total	4.66	5.19	5.30	9.52	6.00	4.05	8.07	6.54	5.43
Promedio	1.55	1.73	1.77	3.17	2.00	1.35	2.69	2.18	1.81
Plantas	Amor seco= 15.15			Llantén= 19.57			Romero= 20.04		
	$\bar{Y}_1= 1.68$			$\bar{Y}_2= 2.17$			$\bar{Y}_3= 2.23$		
Concentración	0%= 22.25		$\bar{Y}_1= 2.47$	30%= 17.73		$\bar{Y}_2= 1.97$	50%= 14.78		$\bar{Y}_3= 1.64$

**Tabla 19**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, segunda fecha de evaluación.*

Segunda fecha (02/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	2.67	1.77	2.25	3.55	2.13	1.44	3.62	2.88	2.39
R2	2.42	1.84	2.24	3.37	1.83	1.52	3.94	2.94	1.08
R3	2.63	1.91	2.01	3.65	2.17	1.19	2.60	1.53	2.32
Total	<b>7.72</b>	<b>5.52</b>	<b>6.50</b>	<b>10.57</b>	<b>6.13</b>	<b>4.15</b>	<b>10.16</b>	<b>7.35</b>	<b>5.79</b>
Promedio	<b>2.57</b>	<b>1.84</b>	<b>2.17</b>	<b>3.52</b>	<b>2.04</b>	<b>1.38</b>	<b>3.39</b>	<b>2.45</b>	<b>1.93</b>
Plantas	Amor seco= 19.74			Llantén= 20.85			Romero= 23.3		
Concentraci ón	0%= 28.45			30%= 19.00			50%= 16.44		
	$\bar{Y}_1= 2.19$			$\bar{Y}_2= 2.32$			$\bar{Y}_3= 2.59$		
	$\bar{Y}_1= 3.16$			$\bar{Y}_2= 2.11$			$\bar{Y}_3= 1.83$		

**Tabla 20.** *Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, tercera fecha de evaluación.*

Tercera fecha (03/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.10	2.77	2.30	3.57	2.13	1.44	3.62	2.88	2.40
R2	2.42	1.86	2.26	3.38	2.18	1.62	3.94	3.12	1.08
R3	2.73	1.98	2.01	3.65	2.20	1.21	2.60	1.62	2.34
Total	8.25	6.61	6.57	10.60	6.51	4.27	10.16	7.62	5.82
Promedio	2.75	2.20	2.19	3.53	2.17	1.42	3.39	2.54	1.94
Plantas	Amor seco= 21.43			Llantén= 21.38			Romero= 23.6		
Concentraci ón	0%= 29.01			30%= 20.74			50%= 16.66		
	$\bar{Y}_1= 2.38$			$\bar{Y}_2= 2.38$			$\bar{Y}_3= 2.62$		
	$\bar{Y}_1= 3.22$			$\bar{Y}_2= 2.30$			$\bar{Y}_3= 1.85$		

**Tabla 21**

Datos referidos al crecimiento radial de *Fusarium spp.*, sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, cuarta fecha de evaluación.

Cuarta fecha (04/12/2022)									
	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
Repetición	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.23	2.78	2.42	3.57	2.40	1.45	3.63	2.89	2.40
R2	2.43	2.00	2.31	3.41	2.19	1.73	3.95	3.13	1.08
R3	3.69	2.31	2.02	3.66	2.22	1.22	2.61	1.75	2.38
Total	9.35	7.09	6.75	10.64	6.81	4.40	10.19	7.77	5.86
Promedio	3.12	2.36	2.25	3.55	2.27	1.47	3.40	2.59	1.95
Plantas	Amor seco= 23.19	$\bar{Y}_1 = 2.58$		Llantén= 21.85	$\bar{Y}_2 = 2.43$		Romero= 23.82	$\bar{Y}_3 = 2.65$	
Concentración	0%= 30.18		$\bar{Y}_1 = 3.35$	30%= 21.67		$\bar{Y}_2 = 2.41$	50%= 17.01		$\bar{Y}_3 = 1.89$

**Tabla 22**

Datos referidos al crecimiento radial de *Fusarium spp.*, sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, quinta fecha de evaluación.

Quinta fecha (05/12/2022)									
	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
Repetición	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.25	2.78	2.44	4.57	2.46	1.45	3.63	2.89	2.42
R2	2.43	2.02	2.33	3.63	2.21	1.83	3.95	3.42	2.15
R3	3.70	2.38	2.02	4.66	2.31	2.13	2.61	1.80	2.40
Total	9.38	7.18	6.79	12.86	6.98	5.41	10.19	8.11	6.97
Promedio	3.13	2.39	2.26	4.29	2.33	1.80	3.40	2.70	2.32
Plantas	Amor seco= 23.35	$\bar{Y}_1 = 2.59$		Llantén= 25.25	$\bar{Y}_2 = 2.81$		Romero= 25.27	$\bar{Y}_3 = 2.81$	
Concentración	0%= 32.43		$\bar{Y}_1 = 3.60$	30%= 22.27		$\bar{Y}_2 = 2.47$	50%= 19.17		$\bar{Y}_3 = 2.13$

**Tabla 23**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, sexta fecha de evaluación.*

Sexta fecha (06/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.28	2.78	2.52	4.59	3.17	1.45	3.83	3.19	2.45
R2	2.71	2.02	2.42	4.41	2.28	1.87	4.08	3.62	2.18
R3	3.75	2.38	2.60	4.66	2.32	2.16	3.98	1.83	2.43
Total	9.74	7.18	7.54	13.66	7.77	5.48	11.89	8.64	7.06
Promedio	3.25	2.39	2.51	4.55	2.59	1.83	3.96	2.88	2.35
Plantas	Amor seco= 24.46	$\bar{Y}_1 = 2.72$		Llantén= 26.91	$\bar{Y}_2 = 2.99$		Romero= 27.59	$\bar{Y}_3 = 3.07$	
Concentración	0%= 35.29		$\bar{Y}_1 = 3.92$	30%= 23.59		$\bar{Y}_2 = 2.62$	50%= 20.08		$\bar{Y}_3 = 2.23$

**Tabla 24**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, séptima fecha de evaluación.*

Séptima fecha (07/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.32	2.78	2.66	4.64	3.24	1.45	4.05	3.22	2.48
R2	3.28	2.43	2.46	4.47	2.37	1.89	4.31	4.10	2.25
R3	3.80	2.68	2.62	4.66	2.33	2.23	4.47	1.86	2.45
Total	10.40	7.89	7.74	13.77	7.94	5.57	12.83	9.18	7.18
Promedio	3.47	2.63	2.58	4.59	2.65	1.86	4.28	3.06	2.39
Plantas	Amor seco= 26.03		$\bar{Y}_1 = 2.89$	Llantén= 27.28	$\bar{Y}_2 = 3.03$		Romero= 29.19	$\bar{Y}_3 = 3.24$	
Concentración	0%= 37.00		$\bar{Y}_1 = 4.11$	30%= 25.01		$\bar{Y}_2 = 2.78$	50%= 20.49		$\bar{Y}_3 = 2.28$

**Tabla 25**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, octava fecha de evaluación.*

Octava fecha (12/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	3.38	2.78	2.68	4.64	3.24	1.45	4.05	3.89	2.50
R2	4.16	2.43	2.50	4.47	2.40	1.89	4.31	4.52	2.30
R3	4.39	2.68	2.65	4.66	2.33	2.25	4.47	2.83	2.46
Total	11.93	7.89	7.83	13.77	7.97	5.59	12.83	11.24	7.26
Promedio	3.98	2.63	2.61	4.59	2.66	1.86	4.28	3.75	2.42
Plantas	Amor seco= 27.65		$\bar{Y}_1= 3.07$	Llantén= 27.33		$\bar{Y}_2= 3.04$	Romero= 31.33		$\bar{Y}_3= 3.48$
Concentración	0%= 38.53		$\bar{Y}_1= 4.28$	30%= 27.10		$\bar{Y}_2= 3.01$	50%= 20.68		$\bar{Y}_3= 2.30$

**Tabla 26**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, novena fecha de evaluación.*

Novena fecha (19/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	4.32	2.78	2.72	4.64	3.24	1.45	4.05	4.89	2.52
R2	4.16	2.43	2.55	4.47	2.40	1.89	4.31	4.52	2.50
R3	4.39	2.68	2.68	4.66	2.33	2.50	4.47	2.83	3.40
Total	12.87	7.89	7.95	13.77	7.97	5.84	12.83	12.24	8.42
Promedio	4.29	2.63	2.65	4.59	2.66	1.95	4.28	4.08	2.81
Plantas	Amor seco=28.71		$\bar{Y}_1= 3.19$	Llantén=27.58		$\bar{Y}_2= 3.06$	Romero=33.49		$\bar{Y}_3= 3.72$
Concentración	0%= 39.47		$\bar{Y}_1= 4.39$	30%= 28.10		$\bar{Y}_2= 3.12$	50%= 22.21		$\bar{Y}_3= 2.47$



**Tabla 27**

*Datos referidos al crecimiento radial de Fusarium spp., sobre PDAO+tres plantas antifúngicas a tres concentraciones, décima fecha de evaluación.*

Décima fecha (20/12/2022)									
Repetición	Amor seco ( <i>Bidens pilosa</i> )			Llantén ( <i>Plantagomajor</i> )			Romero ( <i>Rosmarinusofficinalis</i> )		
	0%	30%	50%	0%	30%	50%	0%	30%	50%
R1	4.32	2.78	2.76	4.64	3.24	1.45	4.05	4.89	2.55
R2	4.16	2.43	2.65	4.47	2.40	1.89	4.31	4.52	2.60
R3	4.39	2.68	2.69	4.66	2.33	2.55	4.47	2.84	3.45
Total	12.87	7.89	8.10	13.77	7.97	5.89	12.83	12.25	8.60
Promedio	4.29	2.63	2.70	4.59	2.66	1.96	4.28	4.08	2.87
Plantas	Amor seco=28.86		$\bar{Y}_1= 3.21$	Llantén=27.63		$\bar{Y}_2= 3.07$	Romero=33.68		$\bar{Y}_3= 3.74$
Concentración	0%= 39.47		$\bar{Y}_1= 4.39$	30%= 28.11		$\bar{Y}_2= 3.12$	50%= 22.59		$\bar{Y}_3= 2.51$

## ANEXO 2. Análisis estadístico (Resumen de ANVA)

**Tabla 28**

*Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial del amor seco (Bidens pilosa), en las primeras cinco fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.8319 n.s.	0.0008 **	0.1727 n.s.	0.1075 n.s.	0.1125 n.s.
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=26.94%	CV= 5.35%	CV= 15.05%	CV= 17.41 %	CV= 17.33 %

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01

**Tabla 29**

*Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial del amor seco (Bidens pilosa), en las cinco últimas fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.0632 n.s.	0.0031 **	0.0033**	<0.0001 **	<0.0001 **
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=13.83%	CV= 7.13%	CV= 10.66%	CV= 4.22 %	CV= 4.01 %

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01

**Tabla 30**

*Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial del llantén (Plantago major), en las primeras cinco fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.0006 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	0.0005 **
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=12.91%	CV= 7.24%	CV= 6.09%	CV= 7.30 %	CV= 13.92%

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01

**Tabla 31**

*Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial del llantén (Plantago major), en las cinco últimas fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.0002 **	0.0003 **	0.0003**	0.0007 **	0.0008 **
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=12.16%	CV= 12.47%	CV= 12.44%	CV= 13.91 %	CV= 14.25 %

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01

**Tabla 32.**

*Resumen del análisis de varianza para el crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial del romero (Rosmarinus officinalis), en las primeras cinco fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.0006 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	0.0005 **
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=29.78%	CV= 28.81%	CV= 28.66%	CV= 27.64 %	CV= 22.47 %

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01

**Tabla 33**

*Resumen del análisis estadístico del crecimiento radial del hongo Fusarium spp., tratado con aceite esencial romero (Rosmarinus officinalis), en las cinco últimas fechas*

Fuentes de Variación	GL	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10
Dosis de <i>Bidens pilosa</i>	2	0.0002 **	0.0003 **	0.0003**	0.0007 **	0.0008 **
Error experimental	6					
TOTAL	8	CV=17.98%	CV= 20.56%	CV= 14.70%	CV= 19.10 %	CV= 18.86 %

Nota: ns= No significativo \*= Significación estadística al nivel 0.05 \*\*= Significación estadística al nivel 0.01



### ANEXO 3. Declaración jurada de autenticidad de tesis



#### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo, Wilson Vladimir Valeriano Lupaca identificado con DNI 48064096 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRONOMICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

**“EFECTO ANTIFÚNGICO IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE AMOR SECO (*BIDENS PILOSA*), LLANTÉN (*PLANTAGO MAJOR*) Y ROMERO (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) SOBRE CEPAS DE *FUSARIUM SPP.*”**

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mí persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de diciembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 4. Autorización para el depósito de tesis al repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Wilson Vladimir Valeriano Lupaca, identificado con DNI 48064096, en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRONOMICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

**"EFECTO ANTIFÚNGICO IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE AMOR SECO (*BIDENS PILOSA*), LLANTÉN (*PLANTAGO MAJOR*) Y ROMERO (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) SOBRE CEPAS DE *FUSARIUM SPP.*"**

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

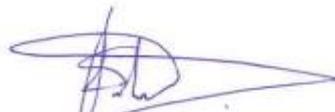
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de Diciembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella