



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIA AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Determinación del rango de hospedante de especies patogénicas  
asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Oscar Acuña Tananta**

**ASESOR:**

**Ing. Eybis José Flores García**

**CO – ASESOR:**

**Ing. Dr. Juan Carlos Guerrero Abad**

**Tarapoto – Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Determinación del rango de hospedante de especies patogénicas  
asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas**

**AUTOR:**

**Oscar Acuña Tananta**

**Sustentada y aprobada el día 25 de Marzo del 2019 ante el honorable jurado**

.....  
Blgo. Dr. Winston Franz Ríos Ruiz  
**Presidente**

.....  
Ing. M. Sc. Patricia Elena García González  
**Secretaria**

.....  
Ing. Marvin Barrera Lozano  
**Miembro**

.....  
Ing. Eybis José Flores García  
**Asesor**

## Declaración de Autenticidad

Oscar Acuña Tananta, egresado(a) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con DNI N° 70333281, con la tesis titulada: **Determinación del rango de hospedante de especies patogénicas asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), **falsificación** (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 25 de marzo del 2019

  
Oscar Acuña Tananta

DNI N° 70333281



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <i>Acuña Taranta, Oscar</i>	
Código de alumno : <i>121101</i>	Teléfono: <i>941866152</i>
Correo electrónico : <i>oscar.jd2014leo@gmail.com</i>	DNI: <i>70333281</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <i>Ciencias Agrarias</i>
Escuela Profesional de: <i>Agronomía</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

**4. Datos de trabajo de investigación**

Título: <i>Determinación del rango de hospedante de especies patógenas asociadas al género Fusarium en cinco cultivos agrícolas.</i>
Año de publicación: <i>2019</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.

  
.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

27 / 05 / 2019



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM-T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\***Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## Dedicatoria

*A Dios por brindarme la vida y guiarme a cada día, a mis padres Oscar Acuña Viena y Maudith Tananta Fasanando, por su apoyo incondicional en todo este proceso.*

*A mi hermano Andy Jesús y a mis hijos Jatniel Dubhan y Camila Masiel, por su amor, cariño y afecto.*

*A mis familiares, docentes, amigos y todas aquellas personas que me apoyaron directamente e indirectamente en todo el proceso, por sus muestras de cariño y palabras de aliento.*

*Autor: Bach. Oscar Acuña Tananta.*

## Agradecimiento

*Principalmente a Dios y a mis padres,  
por el apoyo incondicional, las  
palabras de aliento y por no dejarme  
solo en todo este proceso.*

*Al Dr. Juan Carlos Guerrero Abad por la  
paciencia y todos los conocimientos  
brindados, al Ing. Eybis J. Flores García por  
la asesoría en este trabajo, al Ing. Ginsberg  
Rodríguez del Castillo por su apoyo y  
amistad, al Ing. Mike Corazón jefe del LBG  
de la UNSM-T por permitirme trabajar en sus  
instalaciones.*

*A mis docentes por las enseñanzas  
brindadas durante mi etapa de  
formación, a mis amigos, familiares y  
las personas que laboran en el LBG  
en especial para Amner Padilla y Rony  
Acosta, por su amistad y por el apoyo  
brindado cada día en todo el proceso  
de elaboración del presente trabajo de  
investigación.*

**Autor: Bach. Oscar Acuña Tananta.**

## Índice general

	<b>Página</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>vi</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes de la Investigación	3
1.2. Género <i>Fusarium</i>	6
<b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>21</b>
2.1. Materiales	21
2.2. Métodos	21
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>31</b>
3.1. Pruebas de patogenicidad en diferentes cultivos	31
3.2. Resultados de rango de hospedante de cepas <i>Fusarium</i> patogénicas	56
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>60</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>

## Índice de tablas

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1:</b> Tratamientos en estudio	22
<b>Tabla 2:</b> Cepas <i>Fusarium</i> activas pertenecientes a la micoteca del LBGGM de la UNSM	24
<b>Tabla 3:</b> Cepas <i>Fusarium</i> seleccionadas para los test de patogenicidad y rango de hospedante	25

## Índice de figuras

	<b>Página</b>
<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida de <i>Fusarium oxysporum</i>	10
<b>Figura 2:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M12C1 en el cultivo de ají dulce	31
<b>Figura 3:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium moniliforme</i>	32
<b>Figura 4:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M28C1 en el cultivo de ají dulce	33
<b>Figura 5:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium solani</i>	35
<b>Figura 6:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M38C1 en el cultivo de café	36
<b>Figura 7:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium solani</i>	37
<b>Figura 8:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M39C1 en el cultivo de café	38
<b>Figura 9:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium solani</i>	39
<b>Figura 10:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M36C1 en el cultivo de Frijol	40
<b>Figura 11:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium moniliforme</i>	42
<b>Figura 12:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M37C1 en el cultivo de Frijol	43
<b>Figura 13:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium moniliforme</i>	45
<b>Figura 14:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M14C1 en el cultivo de Maíz	46
<b>Figura 15:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium rigidiuscula</i>	47
<b>Figura 16:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M31C1 en el cultivo de Maíz	48
<b>Figura 17:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium solani</i>	50
<b>Figura 18:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M32C1 en el cultivo de Sacha Inchi.	51
<b>Figura 19:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium solani</i>	52
<b>Figura 20:</b> Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M33C1 en el cultivo de Sacha Inchi.	53
<b>Figura 21:</b> Patogenicidad de <i>Fusarium moniliforme</i>	55
<b>Figura 22:</b> Resultados del rango de hospedante de <i>Fusarium</i>	56

## Listado de siglas o abreviaturas

UNSM-T	: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
LBGM	: Laboratorio de Biología y Genética Molecular
SICH	: Sin Inocular Con Herida
SISH	: Sin Inocular Sin Herida
ISH	: Inoculación Sin Herida
ICH	: Inoculación Con Herida
TICH	: Testigo Inoculación Con Herida
TISH	: Testigo Inoculación Sin Herida
PDA	: Papa Dextrosa Agar
PDL	: Papa Dextrosa Líquida
PBI	: Producto Bruto Interno
TM	: Tonelada Métrica
Ha	: Hectárea
VAB	: Valor Agregado Bruto
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
INIA	: Instituto Nacional de Investigación Agraria
DRASAM	: Dirección Regional de Agricultura de San Martín
IIAP	: Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana
NaClO	: Hipoclorito de sodio
MO	: Materia Orgánica
ADE	: Agua Destilada Estéril
DDI	: Días Después de la Inoculación
DDS	: Días Después de la Siembra
CV	: Coeficiente de Varianza
R <sup>2</sup>	: Coeficiente Determinación

## Resumen

La región San Martín se encuentra en una zona tropical, la cual favorece la producción de muchos cultivos y la proliferación de plagas y enfermedades, siendo *Fusarium* una de las enfermedades más frecuentes y potenciales que afectan la producción y la productividad, conllevando a cuantiosas pérdidas económicas, que afectan el PBI regional. Actualmente no se cuenta con la identificación de especies patógenas asociadas al género *Fusarium* en los cultivos agrícolas de la región; más aún, se desconoce su rango de afinidad de una especie patogénica sobre otros cultivos. Es así que en el presente proyecto se determinó la patogenicidad de *Fusarium* sobre cinco cultivos agrícolas: “Sacha Inchi” (*Plukenetia volubilis* L.), “Frijol” (*Phaseolus vulgaris* L.), “Ají Dulce” (*Capsicum chinense* L.), “Café” (*Coffea arabica* L.) y “Maíz” (*Zea mays* L.); encontrándose que estos cultivos fueron hospedantes de las cepas *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula*, a diferencia del cultivo de café que no presentó sintomatología alguna para las cepas mencionadas. De igual manera con las especies patogénicas que se identificaron, se desarrolló bajo condiciones de invernadero pruebas de afinidad patogénica sobre otros cultivos (rango de hospedante), determinándose el espectro de ataque de *Fusarium*, siendo las cepas de *F. solani*, *F. moniliforme* y *F. rigidiuscula* las que presentaron similitud sintomatológica en los cultivos de Maíz, Frijol, Sacha Inchi y Ají dulce siendo característico en hojas el amarillamiento, manchas necróticas, encrespamiento y defoliación, mientras que en tallos y raíces fue característico las malformaciones, necrosamiento y pudrición, conllevando éstos a su vez al enanismo y muerte de las plantas.

Palabras clave: *Fusarium* sp., Pruebas de Patogenicidad, Rango de Hospedante.

## Abstract

San Martín region is located in a tropical zone, where the production of many crops and the proliferation of pests and diseases are very favorable; as *Fusarium* for example, one of the most frequent and potential diseases that affect production and productivity, leading to substantial economic losses that affect the regional PBI. Currently, there is no identification of pathogenic species associated with the *Fusarium* genus in agricultural crops in the region; moreover, its range of affinity for a pathogenic species is unknown on other crops. Thus, in the following project, was determined the pathogenicity of *Fusarium* on five agricultural crops: "Sacha inchi" (*Plukenetia volubilis* L.), "Bean" (*Phaseolus vulgaris* L.), "Sweet pepper" (*Capsicum chinense* L.), "Coffee" (*Coffea arabica* L.) and "Maize" (*Zea mays* L.); finding that these crops were hosts of *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula* strains, unlike the coffee crop that does not present any symptomatology for the strains mentioned before. In the same way with the pathogenic species that were identified, it developed under greenhouse conditions test of pathogenetic affinity on other crops (range of host), determining the spectrum of attack of *Fusarium*, where *F. solani*, *F. moniliforme* y *F. rigidiuscula* are pathogenic species with similar phenotypes in terms of disease in crops such as maize, bean, sachá inchi and sweet pepper with characteristic as yellowing leaves, necrotic spots, frizzing and defoliation, whereas in stems and roots the phenotype was malformations, necrotic and putrescence, carrying these in turn to dwarfism and death of plants.

Keyword: *Fusarium* sp., Pathogenicity tests, Host rank.



## Introducción

La región San Martín es una de las zonas tropicales más ricas y diversas del mundo, esto gracias a la diversidad de flora, fauna, climas, topografía y recursos naturales presentes. La principal fuente económica de la Región está ligada a la Agricultura, la Pesca y la Ganadería. La región San Martín es el principal productor y exportador de palma aceitera que se produce en el Perú con más del 91% de la producción nacional; ocupa el primer lugar en la producción de arroz y tercero en la producción de yuca, además de ellos la región también produce otros cultivos como: maíz amarillo duro, café, cacao, algodón, tubérculos, verduras, cereales y frutales como naranja, coco, plátanos, etc. Asimismo, dentro de estos cultivos se ha incrementado considerablemente la producción de sachá inchi (DRASAM, 2016).

En la región San Martín, desde la antigüedad hasta la actualidad se viene produciendo comercialmente cinco principales cultivos tradicionales, con grandes potencialidades agroexportables; los mismos que desde algunos años atrás se encuentran posicionados en los mercados americanos, europeos y asiáticos, como el café, palmito, cacao, algodón y tabaco. Respecto a cultivos no tradicionales, la región San Martín presenta una mega diversidad de germoplasmas de especies nativas, muchas de ellas en exclusividad, otorgándole ventajas comparativas respecto a otros países.

San Martín por ser una zona tropical es muy propicia para la producción de muchos cultivos, pero estas condiciones también favorecen la proliferación de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, siendo *Fusarium* una de las enfermedades más frecuentes y potenciales que afectan a las plantas. Este patógeno puede adaptarse a climas tropicales, ya que tiene un alto porcentaje de proliferación, generando cuantiosas pérdidas económicas al PBI regional, reduciendo la producción y afectando la calidad de los productos.

En este sentido, el trabajo de investigación tuvo como objetivo general, determinar la patogenicidad y el rango de hospedante de especies patogénicas asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas de la región San Martín; cuyos objetivos específicos fueron, identificar especies patogénicas del género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas en la región San Martín; determinar el rango de hospedantes de especies patogénicas del género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas de la región San

Martín bajo condiciones de vivero y analizar la similitud patogénica entre las especies estudiadas con los hospederos potenciales.

A pesar de que en la actualidad existen considerables avances tecnológicos, existen muchos aspectos acerca de la patogenicidad fúngica que permanecen poco estudiados y dentro de la región se conocen muy pocas especies patogénicas identificadas asociadas al género *Fusarium* en los diferentes cultivos agrícolas de la Región San Martín. Y un asunto inquietante es la especificidad del hospedero, puesto que existen varios *Fusarium* que causan enfermedades a una sola especie de hospedero mientras que otros tienen un amplio rango de hospederos. Es así que teniendo en cuenta el tercer paso del postulado de Koch se logró determinar la patogenicidad y el rango de hospedantes de especies patogénicas asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas de la región San Martín: “Sacha Inchi” (*Plukenetia volubilis* L.), “Frijol huasca poroto” (*Phaseolus vulgaris* L.), “Ají Dulce” (*Capsicum chinense* L.), “Café” (*Coffea arabica* L.) y “Maíz” (*Zea mays* L.). De igual manera con las especies patogénicas que se identificaron, se desarrolló bajo condiciones de invernadero, pruebas de afinidad patogénica sobre otros cultivos (rango de hospedante), y se logró determinar preferencias por nuevos hospederos alternativos.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1. Prueba de patogenicidad en maíz (*Zea mays* L.)

Danielsen *et al.* (1998); desarrollaron un ensayo de patogenicidad, el cual consistía en cultivar los aislamientos en sémola de maíz durante 9 días para incentivar la producción de Fumonisina. El test fue realizado tal como lo describe Desjardins *et al.* (1995). Para determinar la patogenicidad de los aislamientos Danielsen *et al.*, (1998) evaluó tres parámetros: % de emergencia (germinación), altura de planta 14 dds (longitud) y peso seco del total de hojas. La emergencia de la plántula se puntuó como el porcentaje de semillas germinadas que incluían, semillas no germinadas como semillas con brotes que se habían completamente descompuesto. La longitud de planta se puntuó desde la base de la raíz hasta la hoja más larga. El peso seco se determinó mediante registro de peso de hojas que fueron secadas durante 48h a 50°C inoculación con arena para determinar la incidencia de *Fusarium*. Para este test se realizaron 23 aislamientos en donde, se seleccionaron semillas de la variedad RPM' x Tuxpeño de la Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela – Costa Rica; las mismas que fueron incubadas. Los resultados del test de patogenicidad demostraron que las semillas tratadas con *F. verticillioides* tuvieron comportamiento diferentes a los otros tratamientos. Los datos de % germinación, longitud de los brotes y peso seco de las pruebas de arena muestran diferencias entre los tratamientos, la germinación de la semilla no tuvo significancia en comparación con los testigos, en tanto la longitud del brote como el peso seco mostró una mayor diferenciación entre aislamientos. Todas las plantas tratadas con *F. verticillioides* tuvieron un bajo desarrollo de raíces en comparación con las plantas testigo, estos resultados validaron la patogenicidad de *F. verticillioides* descrito por Desjardins *et al.* (1995).

#### 1.1.2. Prueba de patogenicidad en café (*Coffea arabica* L.)

Serani *et al.* (2006), realizaron un ensayo de patogenicidad en el que se guiaron de los pasos del postulado de Koch (1877). Para este ensayo seleccionaron 6 clones de café robusta (4-6 meses de edad). Los aislamientos fúngicos elegidos fueron del género *Fusarium*, los mismos que tienen gran incidencia en el cultivo de café; mediante el

ensayo se propuso determinar el grado de patogenicidad de los aislamientos elegidos hacia el café (Booth, 1975; Waller y Holdeness, 1997). Para determinar la incidencia de *Fusarium* sobre el cultivo se realizaron 2 tratamientos: uno sin inocular y otro inoculado. Las plántulas inoculadas fueron colocadas en macetas que contenía sustrato parcialmente esterilizado de suelo mezclado con arena en la relación 3:1; para ambos tratamientos se utilizó el mismo sustrato. Los síntomas fueron evaluados y monitoreados cada dos semanas después de 134 días después de la inoculación. El porcentaje de pérdida foliar y ganancia foliar fueron calculados a partir del número original de hojas. Se registraron también el número de plantas infectadas muertas por clon, por aislamiento fúngico. Los síntomas utilizados para evaluar la gravedad de la enfermedad fueron: necrosis de hojas, dorado de tallos y hojas y marchitamiento general de la planta. Los resultados obtenidos del test de patogenicidad con las diferentes especies de *Fusarium*, mostraron que las plantas del tratamiento sin inocular no mostraron ningún síntoma, a diferencia de las plantas inoculadas con *F. xylarioides*, éstas en cambio desarrollaron síntomas como necrosis de hojas, dorado de tallos y hojas y marchitamiento general de la planta. Las otras especies de hongos mostraron un marchitamiento general y crecimiento raquíutico. Todos los aislamientos de hongos causaron defoliación y marchitamiento de plantas hasta cierto punto.

### **1.1.3. Prueba de patogenicidad en Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

Mori (2016); realizó un test de patogenicidad en el cultivo de sachá inchi para medir la incidencia y el grado de severidad de diversos organismos fúngicos, tales como: *Lasiodiplodia theobromae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* y *Colletotrichum lindemuthianum*. Para determinar el porcentaje de incidencia se contabilizaron el número total de semillas infectadas con sintomatología de enfermedad, y para determinar el grado de severidad se tuvo que recurrir a la escala adaptada y modificada de Casteño (1989) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1987) y el cual fue citado por Delgado (2011), esta escala menciona: grado 0 (Semilla Sana), grado 1 (1% al 10% de daño en semilla), grado 2 (11% al 25% de daño en semilla), grado 3 (25% al 50% de daño en semilla), grado 4 (Más del 50% de daño en semilla). Los resultados del test, mostraron que el cultivo de sachá inchi tiene un alto porcentaje de incidencia de ataque fúngico, y los patógenos que causan mayor daño fueron: *Lasiodiplodia theobromae* (100% incidencia y 45% de las semillas en grado 2), *Rhizoctonia solani* (100% incidencia y 42,5% de las semillas en grado 4), *Fusarium*

*solani* (60% incidencia y 35% de las semillas en grado 1) y *Colletotrichum lindemuthianum* (82,5% incidencia y 50% de las semillas en grado 4).

#### **1.1.4. Prueba de patogenicidad en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Ramos *et al.* (2007); desarrollaron un test de patogenicidad, utilizando como inoculantes cepas de *F. oxysporum*, las mismas que fueron clasificadas y definidas de acuerdo a su origen geográfico, rango de virulencia y raza en experimentos anteriores (Alves *et al.*, 1999, 2002a, Woo *et al.*, 1996). Los cultivos antecesores fueron realizados a partir de colonias ya cultivadas, de las cuales se extrajeron un solo conidio para su proliferación. Todas las cepas se cultivaron en caldo de dextrosa de papa (PDB, Difco Laboratories, Detroit) o agar de dextrosa de papa (PDA, Difco Laboratories). Los procedimientos fueron descritos por (Alves *et al.*, 1999). La prueba de patogenicidad se inició con inoculaciones de *P. vulgaris* L. cv. Blanca Riñón con conidios de diferentes cepas de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, los cuales fueron preparados de acuerdo a lo descrito previamente (Alves *et al.*, 1999, 2002a). Todas las cepas se ensayaron simultáneamente en cada experimento de inoculación para reducir la variabilidad en la respuesta del cultivar debido a las condiciones ambientales. Cada inoculación se repitió tres veces y se incluyeron 10 plantas de réplica por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron muy significativos, todas las plantas evaluadas presentaron marchitez vascular, y muerte de la planta, esto evidencia la incidencia devastadora de esta enfermedad.

#### **1.1.5. Prueba de patogenicidad en ají (*Capsicum chinense* L.)**

Clavijo (2014); realizó varios test de patogenicidad en el cultivo de ají dulce. Para los test de patogenicidad se realizaron dos ensayos, cada uno con diferentes procedimientos: el primer ensayo consistió en varias pruebas como inoculación al suelo, inoculación con puntas de palillos de madera, inoculación a la raíz desnuda; el segundo ensayo consistió en la inoculación a la raíz desnuda e inoculación a la raíz con corte. Los resultados más severos obtenidos fueron el método de inoculación a la raíz con corte, en el cual los primeros síntomas se observaron a los cuatro días después de su inoculación, donde observaron amarillamiento, marchitamiento, necrosamiento, defoliación de hojas y enanismo; además en algunos casos apreciaron crecimiento micelial y/o una coloración marrón en la base del tallo, la cual al momento que realizaron un corte transversal observaron el avance de la enfermedad en los tejidos

corticales; en los tratamientos anteriores solo apreciaron síntomas leves de la enfermedad.

## 1.2. Género *Fusarium*

### 1.2.1. Generalidades del género *Fusarium*

El género *Fusarium*, comprende especies de distribución cosmopolita. Se encuentra en climas tropicales, subtropicales y templados (Benadof, 2010; Palmero, 2008; Leslie *et al.*, 2006; Calle, 2005; Gonzáles *et al.*, 2005; Mora, 2001); sin embargo, presenta mayor incidencia en regiones de clima cálido, en donde ocasiona grandes pérdidas económicas (Carrillo *et al.*, 2003).

*Fusarium* es un hongo ascomycota, altamente patogénico, es el principal agente causal del marchitamiento vascular, que afecta principalmente a los vegetales y las flores; además de ello recientes investigaciones la colocan como responsable de micosis en animales y humanos (Agrios, 2005).

Habita en el suelo como saprófito, sobreviviendo sobre restos vegetales en descomposición, o a través de estructuras de resistencia (micelio, esporas, clamidosporas), sobre todo en regiones de clima templado a frío (Alvarado, 2005; Agrios, 2005). También se ha reportado como parásito facultativo en plantas, animales y humanos (Camacho *et al.*, 2008; Mora, 2001).

Causa graves pérdidas económicas en la agricultura mundial ya que es el agente causal del marchitamiento provocado por obstrucción vascular y pudrición basal de una gran variedad de plantas como son hortalizas, árboles frutales, ornamentales y malezas (Camacho *et al.*, 2008; Agrios, 2005; Gonzáles *et al.*, 2005; Monzón *et al.*, 2003; Garcés *et al.*, 2001).

Se han evaluado varias alternativas para minimizar las enfermedades causadas por *Fusarium*, incluyendo el control cultural, químico y biológico y el uso de cultivares resistentes o tolerantes a *Fusarium* (Pirgozliev *et al.*, 2003). A pesar de los esfuerzos dirigidos a reducir los efectos de *Fusarium*, los métodos propuestos son muy limitados debido al alto grado de adaptación que posee el patógeno.

### 1.2.2. Clasificación taxonómica de *Fusarium*

Clasificación taxonómica de *Fusarium* según Groenewald (2006) y Díaz de Castro *et al.*, (2007). Reino: Fungi, Clase: Deuteromycete, Familia: Hypocreaceae, Género: *Fusarium*.

### 1.2.3. Fisiología de *Fusarium*

*Fusarium sp.* es un hongo capaz de perjudicar las células de su hospedero causando enfermedades mediante la acción individual o combinada de cuatro mecanismos fundamentales de patogenicidad, como: La producción y liberación de enzimas que degradan pared celular; producción y liberación de sustancias (tóxicas) que interfieren con el metabolismo o que afectan la estructura normal del citoplasma (animal y humano) y protoplasma (planta); producción y liberación de sustancias que interfieren con el control normal del crecimiento y desarrollo (compuestos hormonales, anti hormonales, u otros), y la interferencia con los movimientos normales del agua, nutrientes y metabolitos (Llácer *et al.*, 2000).

Por su amplio grado de adaptación *Fusarium sp.*, tiene la capacidad de colonizar tejidos radiculares, iniciando su percepción por las células epidermales, córtex, endodermis, periciclo y finalmente hasta llegar a las células del xilema (Ochoa, 1996), una vez que el patógeno penetra a la raíz produce micelio y microconidios que se extienden de forma ascendente a través de los vasos xilemáticos, estas toxinas son capaces de inhibir el desarrollo de la planta, ocasionando en la misma el colapso del tejido vascular, limitando el transporte de nutrientes y ocasionando la muerte de la planta (Agrios, 2005).

Los síntomas de *Fusarium sp.*, se pueden apreciar de forma unilateral; acompañado de un amarillamiento parcial o total de las hojas, en muchos casos se pueden observar una parte de la hoja clorótica y la otra con una tonalidad verde normal y sana, los brotes infestados presentan un doblamiento hacia el lado de la planta enferma; las plantas infestadas presentan un ligero enanismo y reducción en su tamaño en comparación con las plantas sanas, en algunas ocasiones el patógeno puede ocasionar un crecimiento excesivo de la planta, mientras los síntomas avanzan lentamente por la planta se puede apreciar un marchitamiento generalizado, el cual conlleva posteriormente a la muerte de la planta (Arbelaez, 2000).

Para reducir la incidencia severa de *Fusarium sp.*, las plantas liberan sustancias para contrarrestar la infección, estas sustancias pueden ser: algunos polisacáridos como gomas y tilosas, los cuales cubren los haces vasculares para impedir que el hongo avance (Agrios, 2005), a medida que la infección va avanzando en la planta estas activan otros mecanismos de recisión contra el patógeno, como: la acumulación de ácido salicílico (SA) esencial para la resistencia adquirida sistémica (SAR) como defensa primaria contra la invasión de patógenos (Alvarez, 2000). Así mismo; producen fitohormonas que incluyen auxinas (AUX), giberelinas (GA), ácido abscísico (ABA), citoquininas (CK), ácido salicílico (SA), etileno (ET), jasmonatos (JA), brasinosteroides (BR) y hormonas peptídicas que cambian durante la infección como estrategias para prevenir la colonización de patógenos (Arie *et al.*, 2007; Bary *et al.*, 2009).

#### **1.2.4. Especies de *Fusarium***

##### **1.2.4.1. *Fusarium solani***

Es un hongo muy común del suelo que está distribuido por todas las zonas tropicales y subtropicales del planeta. Este hongo se desarrolla en diferentes condiciones de pH del suelo, puesto que no tiene ningún efecto significativo en su incidencia sobre las plantas (Agrios, 2005).

En su estado natural *Fusarium solani* produce colonias blancas y algodonosas, pero cuando se cultivan al hongo en un medio de cultivo (papa dextrosa agar – PDA), este hongo crece rápidamente. En PDA, las colonias de *F. solani* alcanzan un diámetro de 64–70 mm en 7 días. Esta especie puede descomponer la celulosa a un pH óptimo de 6,5 y una temperatura de 30 ° C. También puede metabolizar los esteroides y la lignina, y reducir el hierro de  $Fe^{+3}$  a  $Fe^{+2}$ . *Fusarium solani* produce micotoxinas como el ácido fusárico y las naftoquinonas.

Este hongo está asociado directamente al marchitamiento vascular y la pudrición blanda de los tejidos de las plantas, una vez que penetra el hongo destruye las paredes celulares de las plantas hasta generar su muerte (Leslie y Summerell, 2006).

##### **1.2.4.2. *Fusarium moniliforme***

*F. moniliforme* es un patógeno no obligado, que no tiene un hospedero específico y se puede encontrar en diferentes cultivos como: sorgo, trigo, algodón, frijol, tomate, palta, plátano, soya, ají o algunos forrajes. El ciclo de vida de este hongo está

compuesto por dos estados bien definidos: un estado saprofítico y un estado parasítico. Durante el estado saprofítico este hongo obtiene sus nutrientes de los tejidos muertos de la planta, produciendo en ellas estructuras infectivas para establecer una enfermedad; durante el estado parasítico, el hongo obtiene sus nutrientes de las células del hospedero después de una colonización intracelular (Cantu, 1998).

*F. moniliforme* es el causante del marchitamiento de la planta, atacando principalmente el sistema radicular, también ocasiona pudriciones en los tallos, raíz y en las semillas (Agrios, 2005).

#### **1.2.4.3. *Fusarium rigidiuscula***

*F. rigidiuscula* se encuentra normalmente en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, este hongo es reconocido como endófito y patógeno de plantas dicotiledóneas. El progreso de la enfermedad en condiciones de sequía es lento, y progresa rápidamente bajo condiciones de alta humedad y alta luminosidad. Rangos de temperatura mínima de 10°C, máximas de 31°C y una óptima de 29°C son condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (González *et al.*, 2007).

*F. rigidiuscula* es el patógeno causante de la podredumbre de los frutos, el cual inicia en el pedúnculo o en el extremo apical del fruto; el cual genera la caída de los mismos llegando incluso a la pérdida total o parcial de las cosechas, este patógeno también genera daños post cosecha generando pérdidas económicas y reducción de la calidad de los cultivos (Pavone, 2016).

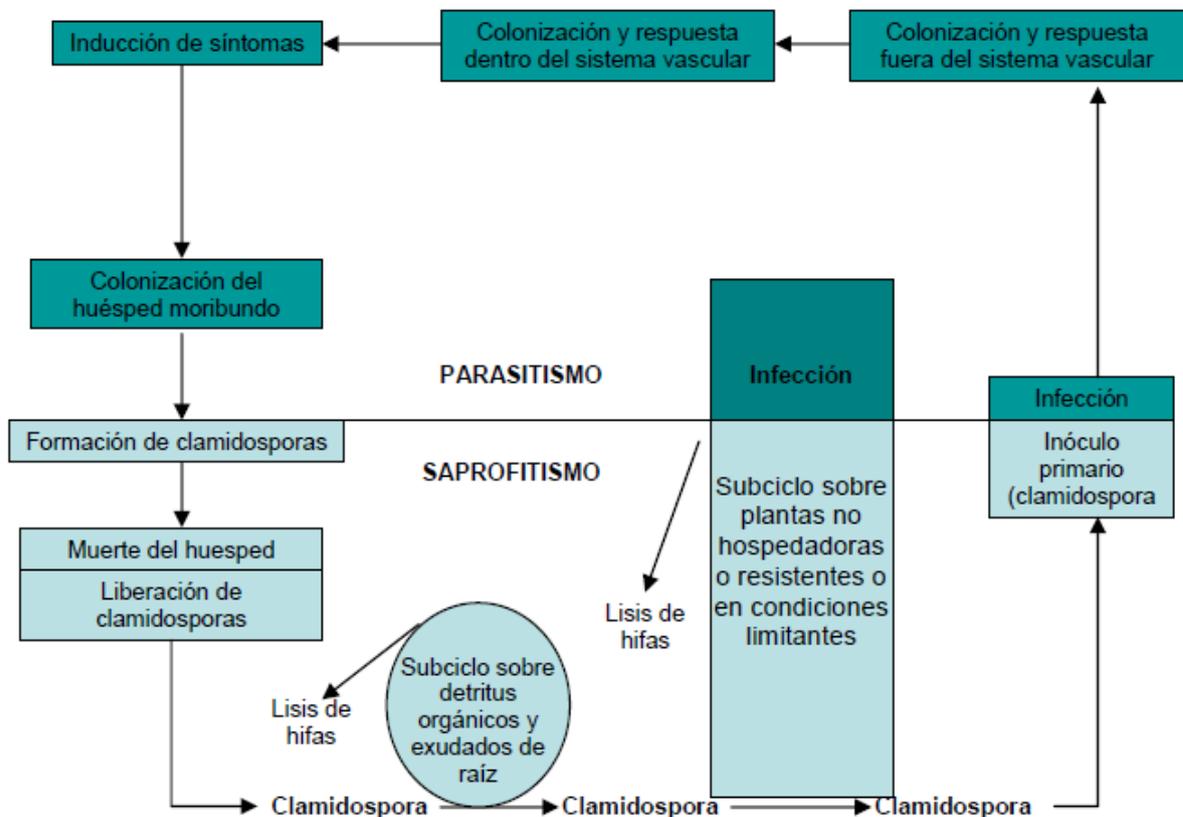
#### **1.2.4.4. *Fusarium oxysporum***

*Fusarium oxysporum* es un hongo cosmopolita, con varias formas especializadas, el ciclo de vida de este patógeno incluye una etapa de crecimiento saprofítico y una de crecimiento parasitario, con distintas fases en cada uno de ellos (Beckman, 1987).

El inoculo primario de *Fusarium oxysporum*, por lo general se encuentran en el suelo o en la semilla en forma de clamidosporas, las cuales son estimuladas para su germinación por acción de los exudados que liberan las raíces de las plantas. Al germinar las clamidosporas orientan su tubo germinativo hacia las mismas raíces, penetrando en la planta por el punto de emergencia de las raíces secundarias o por heridas causadas por el crecimiento de las mismas (inicio de la fase parasitaria). Una vez que el hongo ingresa en el tejido sano, empieza a invadir al huésped,

desarrollándose por la corteza y dirigiendo su avance hacia el sistema vascular. Ya establecido en esta área, el hongo empieza a producir microconidios, los cuales son dirigidos por el xilema con ayuda del flujo ascendente de agua, hacia la parte apical de la planta para formar nuevos puntos de infección (Beckman, 1987).

Cuando la humedad ambiental es alta y la enfermedad este avanzado, el hongo se empieza a multiplicar formando una gran cantidad de conidios sobre las lesiones de los tallos infectados, además de que el micelio que se encuentra extendido por todo el tejido infectado, el cual empieza a formar clamidosporas, dando inicio a la fase saprofítica. La diseminación de la enfermedad se puede dar de muchas formas, como por ejemplo de plantas enfermas a plantas sanas mediante la utilización del agua de riego, el inóculo también puede ser diseminado de un lote a otro por el suelo incrustado en estacas. La utilización de semillas contaminadas y la siembra en macetas infectadas es otra forma de diseminación, además del movimiento de tierra por la maquinaria empleada. La incorporación de residuos de cosechas anteriores es otro método común de diseminar la enfermedad, esto se debe al alto número de hospedantes secundarios que tienen estos patógenos y el prolongado tiempo que son capaces de sobrevivir las clamidosporas en el suelo (Apodaca, 2006).



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Fusarium oxysporum* (Beckman, 1987).

### **1.2.5. Patogenicidad**

La patogenicidad es definida como la capacidad relativa que tiene un microorganismo fitopatógeno para producir una enfermedad (Agrios, 2005). Los microorganismos pueden ser causantes o no de muchas enfermedades presentes en las plantas, pero si no existen evidencias o estudios previos que los comprueben, es necesario aplicar la metodología de los postulados de Koch para verificar o no la hipótesis que el o los microorganismos son la causa para que se produzca una enfermedad determinada, dichos postulados difieren lo siguiente: 1) Hay una relación muy estrechamente entre la enfermedad con el microorganismo fitopatógeno, es decir el fitopatógeno debe estar asociado con la enfermedad en todas las plantas enfermas que se examinen. 2) Se debe aislar y obtener un cultivo axénico del microorganismo en estudio y anotar sus características (morfológicas, culturales, bioquímicas entre otras). 3) El microorganismo en estudio y desarrollado en cultivo axénico debe ser inoculado en plantas sanas de la misma especie de donde se aisló. Las plantas inoculadas deben reproducir los mismos síntomas de la enfermedad. 4) El microorganismo fitopatógeno debe ser re-aislado otra vez en cultivos axénicos y sus características deberán ser exactamente igual a las del paso 2 (Hernández, 2010).

### **1.2.6. Desarrollo de la enfermedad**

La enfermedad se inicia con el proceso de infección. La infección es el proceso mediante el cual los patógenos entran en contacto con las células o tejidos susceptibles de un hospedero y en el que se producen nutrientes suficientes para ambos. Durante la infección, los patógenos se desarrollan o reproducen dentro de los tejidos de las plantas e invaden a estos en forma variable. De esta manera, la invasión de los tejidos, el crecimiento y reproducción (colonización) en los tejidos infectados constituyen dos fases concurrentes en el desarrollo de una enfermedad dentro del proceso infeccioso (Llácer *et al.*, 2000).

Durante la infección en plantas, el fitopatógeno obtiene sus nutrientes a partir de células vivas que con frecuencia no son destruidas, otros destruyen a las células y utilizan sus contenidos conforme lo invaden, y otros matan a las células y desorganizan a los tejidos que se encuentran alrededor de ellos. Durante la infección, los patógenos liberan en el hospedero ciertas sustancias biológicamente activas (ejemplo, enzimas,

toxinas, auxinas y giberelinas) que afectan la integridad estructural de las células del hospedero o bien sus procesos fisiológicos. En respuesta a los patógenos, las plantas reaccionan con una gran variedad de mecanismos de defensa que dan como resultado diferentes grados de protección de la planta ante el patógeno (Agrios, 2005; Llácer *et al.*, 2000). Aunque las infecciones efectivas dan como resultado la formación de zonas necróticas o de zonas decoloradas y malformadas (Ortoneda *et al.*, 2004).

### **1.2.7. Penetración del patógeno.**

Los hongos invaden los vegetales mediante un proceso activo de penetración, que puede tener lugar:

#### **✓ A través de heridas naturales o artificiales**

Existe un número apreciable de especies fúngicas que penetran a sus hospederos a través de heridas. Entre ellas son las destacar las que invaden tejidos lignificados o celulíticos en el caso de las plantas (Lláser *et al.*, 2000). Las heridas pueden ser causadas por procesos naturales (caída de hojas, formación de raíces secundarias, etc.), prácticas agrícolas (poda, recolección, etc.). Las heridas naturales o artificiales pueden dar lugar a la exudación de nutrientes y la exposición directa de la xilema, hacia el cual son absorbidas los propágulos fúngicos (Lláser *et al.*, 2000).

#### **✓ Directamente a través de la superficie intacta**

La mayoría de los hongos pueden penetrar directamente de la superficie intacta de su hospedero, en algunos casos particularmente, la penetración tiene lugar por medio del ápice del tubo germinativo o directamente de la hifa que invade directamente. A través de las células epidémicas. Sin embargo, la mayor parte de los hongos desarrollan estructuras especializadas denominadas apresorios para penetrar tejidos intactos (Lláser *et al.*, 2000).

El apresorio es generalmente el tubo de germinación morfológicamente modificado y engrosado, que proporciona al patógeno la capacidad de adherencia del huésped en preparación para la invasión subsecuente. Desde la base del apresorio en contacto con la superficie del huésped llamado hifa de penetración la cual crece en el interior del tejido a infectar. El apresorio presenta una alta producción de enzimas líticas y glicerol para aumentar la presión, lo que permite penetración de los tejidos de la cutícula por actividad química y física (Lláser *et al.*, 2000).

### **1.2.8. Degradación enzimática de sustancias contenidas en las barreras celulares**

Las enzimas son grandes moléculas proteicas que catalizan todas las reacciones interrelacionadas de una célula viva. Para cada tipo de reacción química que tiene lugar en una célula hay una enzima distinta que cataliza esa reacción (Agrios, 2005).

En general, las enzimas que degradan las barreras celulares son consideradas porque juegan un papel importante en la patogénesis animal, humana y vegetal causada por hongos, debido a que estas enzimas facilitan la penetración y colonización tisular, para dar paso a continuación a los determinantes de virulencia los cuales van a ser responsables del desarrollo de los síntomas una vez inicie el crecimiento del hongo dentro del hospedero (Agrios, 2005).

La mayoría de los fitopatógenos secretan enzimas durante toda su existencia al entrar en contacto con un sustrato. Habitualmente, el primer contacto que se establece entre los patógenos y sus hospederos se lleva a cabo en la superficie. Dichas superficies pueden estar constituidas fundamentalmente de celulosa (que es la unidad estructural de la pared de las células epidérmicas de la planta) o de lípidos y proteínas en el caso de las membranas celulares (Agrios, 2005; Echevarría, 2002).

Las paredes de las células epidérmicas suelen contener también proteínas y lignina. La penetración de los patógenos en los tejidos parenquimatosos y la desintegración de éstos se efectúa mediante la degradación de sus partes celulares (que consta de celulosa, pectinas y hemicelulosas) y de la lámina media, constituida en su mayor parte por pectinas. La desintegración total de los tejidos de una planta incluye, además, la degradación de los polisacáridos de reserva como los gránulos de almidón (Agrios, 2005).

En el caso de la patogénesis en plantas se cree que las enzimas degradativas de la pared parecen ser liberadas en secuencia, comenzando por poligalacturonasas degradativas de la lámina media, seguidas por celulasas de diversa naturaleza según las especies fúngicas (Llácer *et al.*, 2000). Así, varias enzimas, pueden actuar sinérgicamente durante la degradación de la cutícula y la pared celular vegetal, por lo que la falta de una actividad de una de ellas puede no originar cambios acusados en el proceso de infección y colonización.

Las observaciones realizadas por Llácer *et al.*, (2000), en los tejidos afectados durante la infección y colonización por alguna micosis, indican que las enzimas que degradan las barreras celulares desempeñan un papel importante en la penetración y

colonización fúngica de los tejidos de la planta. Sin embargo, la extensión con que dichas enzimas determinan individualmente la patogenicidad parece no estar establecida de manera definitiva (Llácer *et al.*, 2000).

### **1.2.9. Rango de hospedante de patógenos**

Agrios (2005), refiere que los patógenos difieren entre sí respecto a los tipos de plantas que pueden atacar, respecto a los órganos y tejidos que pueden infectar, y respecto a la edad del órgano o tejido de la planta en que pueden crecer. Algunos patógenos están restringidos a una sola especie, otros a un género de plantas, mientras que otros tienen una amplia variedad de hospedadores, que pertenecen a muchas familias de plantas superiores. Algunos patógenos crecen especialmente en las raíces, otros en los tallos, y algunos principalmente en las hojas o en frutas o vegetales carnosos. Algunos patógenos, por ejemplo, los parásitos vasculares, atacan específicamente ciertos tipos de tejidos, como el floema o el xilema. Otros pueden producir diferentes efectos en diferentes partes de la misma planta. Con respecto a la edad de las plantas, algunos patógenos atacan las plántulas o las partes jóvenes tiernas de las plantas, mientras que otros atacan solo los tejidos maduros.

Muchos parásitos obligados suelen ser muy específicos en cuanto al tipo de hospedador que atacan, posiblemente porque han evolucionado en paralelo con su hospedador y requieren ciertos nutrientes que se producen o están disponibles para el patógeno solo en estos hospedadores. Por otro lado, muchos virus y nematodos, aunque son parásitos, atacan muchas plantas hospedadoras diferentes. Los parásitos no obligados generalmente atacan muchas plantas diferentes y partes de plantas de diferentes edades, posiblemente porque dependen de su ataque a toxinas o enzimas inespecíficas que afectan sustancias o procesos que se encuentran comúnmente entre las plantas. Sin embargo, algunos parásitos no obligados producen enfermedades en una o pocas especies de plantas. En cualquier caso, el número de especies de plantas que actualmente se sabe que son susceptibles a un solo patógeno es más pequeño que el número real en la naturaleza, ya que solo unas pocas especies entre miles han sido estudiadas por su susceptibilidad a cada patógeno. Además, debido a los cambios genéticos, un patógeno puede ser capaz de atacar a los anfitriones previamente inmunes a él. Cabe señalar, sin embargo, que cada especie de planta es susceptible de ser atacada por un número relativamente pequeño de todos los patógenos de plantas conocidos.

## **1.2.10. Cultivos en San Martín**

### **1.2.10.1. Principales cultivos en San Martín**

Según DRASAM (2008), manifestó que en el mercado nacional existe una demanda permanente de productos agropecuarios como arroz, maíz, uva, café, cacao, sacha inchi, tabaco, palmito, frutales, productos cárnicos, leche, etc.; y en menor escala demanda de productos naturales ornamentales. Las diversidades de productos agrícolas presentes en la región no cuentan con medios para canalizar transacciones comerciales en volúmenes significativos, que le otorguen ventajas comparativas, a lo que se agrega la insuficiente infraestructura para el almacenaje y procesamiento post cosecha que permita asegurar mejor calidad y mayor valor agregado del producto y mejores precios.

En la región San Martín, se viene produciendo comercialmente cinco principales cultivos tradicionales, con grandes potencialidades agroexportables; los mismos que desde algunos años atrás se encuentran posicionados en los mercados americanos, europeos y asiáticos, como el café, palmito, cacao, algodón y tabaco. Respecto a cultivos no tradicionales, San Martín presenta una mega diversidad de germoplasmas de especies nativas, muchas de ellas en exclusividad, otorgándole ventajas comparativas respecto a otros países. En el mercado mundial existe demanda para muchos productos, que sólo se producen en la Amazonia, siendo algunos de estos los frutales tropicales como la cocona, guanábana, chirimoya, camu camu, maracuyá y piña; así como también el achiote, cúrcuma, barbasco, uña de gato, kion, yerba luisa, orquídeas y helechos. Estos cultivos gozan de alto potencial económico, por los diversos pisos ecológicos con que cuenta la región.

#### **A. Cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

De acuerdo a los reportes entregados por la Dirección de Productividad Agraria de San Martín, existen aproximadamente 220,000 ha disponibles para la siembra del cultivo de sacha inchi en la región, las mismas que están distribuidas en las diferentes provincias (DRASAM, 2016).

El INIA y el GORESAM – Tarapoto, refieren que el rendimiento del cultivo de sacha inchi es de aproximadamente 1800 - 2,100 Kg/ha/año y que la tendencia productiva del cultivo ascenderá en los siguientes años, gracias a los convenios establecidos con el INIA para trabajar aspectos de mejoramiento genético; y con el

IIAP se desarrollaron trabajos en control de plagas y enfermedades, planes de fertilización específicos para el cultivo y estudios de diversidad genética, Asimismo la DRASAM viene capacitando a los agricultores a través de las Escuelas de Campo con la finalidad de mejorar la productividad de este cultivo (DRASAM, 2016).

Las semillas de sacha inchi tienen un gran valor comercial, esto gracias a los múltiples beneficios que estas poseen por su contenido y calidad de aceite (54%) y proteínas (33,3%) y su riqueza en omega 3 (48,6 %), nutriente necesario para que el organismo humano mantenga la salud, el cual sin embargo no puede sintetizar por lo que debe ser ingerido directamente (Agroindustrias Amazónicas, 2006)

Actualmente, las semillas de sacha inchi se usan para la producción de aceites y harinas proteicas, y como insumo de alta calidad para las industrias cosmética, alimentaria y medicinal (PERUBIOINNOVA, 2016).

La DRASAM en cooperación con otras entidades públicas y privadas, vienen fomentando la siembra de este cultivo, apoyando a los agricultores con charlas y capacitaciones permanentes, además de monitorear la producción en toda la región; la gran demanda, la poca oferta y el buen precio de las semillas por kg, ha generado que gran parte de los agricultores obtén por este cultivo dejando de lado los cultivos tradicionales; y gracias a este cambio de cultivos muchos agricultores han mejorado su calidad de vida.

## **B. Cultivo de Ají dulce (*Capsicum chinense* L.)**

El ají, es uno de los cultivos que está en un crecimiento tanto comercial como productivo, esto debido a la demanda por la gran importancia económica que tiene el mundo por sus múltiples aplicaciones en la nutrición humana; y por su alto contenido de vitamina "C" (Infoagro, 2002).

Zapata (1992), destaca al ají por su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos; los ajíes presentan un alto valor de vitamina "A" que el resto de cultivos, tienen una pungencia (picor), aspecto que los caracteriza.

El Gobierno Regional de San Martín en convenio con empresas privadas y la Dirección de Desarrollo Agropecuario y Promoción de la Inversión Privada (DDAyPIP) del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM), vienen impulsando y desarrollando el proyecto piloto de ají, para desarrollar el cultivo mejorado de ají y

promover la inversión privada en este producto. Estas instituciones realizan un seguimiento constante para incrementar la productividad de este cultivo, lo cual se espera producir 24 toneladas de ají por hectárea, la cual será comercializada en los Estados Unidos, para llegar a los objetivos del proyecto ambas instituciones vienen capacitando y ejecutando constantes mejoras de productividad para mejorar la calidad de vida de los entes involucrados en el proyecto.

Es preciso precisar, que esta hortaliza es considerada como ingrediente principal en la gastronomía local y nacional, esto se debe a los diferentes aromas y sabores que presenta. La gran demanda de este cultivo viene incrementando su producción, pero la tecnología que se aplica para la misma aún está basado en el aspecto tradicional.

### **C. Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.)**

El departamento de San Martín destaca por ser uno de los departamentos con mayor potencial agrícola de toda la selva peruana con una gran variedad de productos como arroz, algodón áspero, maíz amarillo duro, café, cacao, palma aceitera, pijuayo para palmito, entre los más importantes; también dentro la región se cultiva el sachá inchi o maní del Inca, plátano, yuca, naranja, piña y uvas, cultivos importantes para el PBI local y nacional (Minagri, 2010).

En la región San Martín, el cultivo de café experimenta un mayor crecimiento desde el año 2015 cuya producción alcanzó a 80 mil 999 TM, y 82 mil 319 en el año 2016, en el 2017, periodo comprendido entre enero-setiembre, la producción alcanzo 80 mil 055 TM, esto es debido básicamente a que los productores vienen experimentando mayores índices de rendimiento, renovación y ampliación de áreas. La región San Martín ocupa el segundo lugar en la producción nacional de café con, aproximadamente, 94 000 hectáreas. Esto se logra gracias a la variedad de climas, topografía y condiciones que favorecen el desarrollo de las diferentes variedades de café que existen en la región, lo cual permite su comercialización y consumo en los más exigentes e importantes mercados internacionales y en el mercado nacional, generando que más de 57 000 familias de la región pueden asegurar su sustento (DRASAM, 2016).

Actualmente, con el uso de un manejo agronómico adecuado y el uso de nuevas tecnologías se ha logrado mejorar la competitividad del sector cafetero en toda la región San Martín, colocando a los agricultores en las ferias más importantes de café del Perú

y del mundo. Asimismo, con la gran demanda que tiene este cultivo se ha mejorado la calidad de vida de todos los agentes participantes de la cadena productiva de este cultivo, esto ha contribuido a tener una mejor calidad en la producción (Minagri, 2016).

#### **D. Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

El cultivo de frijol, desde la antigüedad hasta nuestros tiempos se cultiva tradicionalmente en diferentes zonas de la región San Martín, este cultivo es considerado como un componente básico de subsistencia y de la canasta familiar para muchos agricultores, el cual es utilizado para autoconsumo y/o venta en los mercados locales (DRASAM, 2016).

Muchas veces en la instalación y conducción del cultivo se han determinado como problema la semilla de mala calidad, presencia de patógenos, infertilidad del suelo, sistemas inadecuados de siembra, entre otros, como los únicos responsables de la baja productividad de este cultivo sin analizar otro aspecto importante, la variedad Huasca Poroto Huallaguino, se siembra sólo o asociado con el cultivo del maíz, cuyo rendimiento varía de 1000 a 1200 kg/ha.

En los últimos años la producción del cultivo de Frijol, en el mes de diciembre disminuyó en 12.69 %, y en las provincias donde mayor disminución en la producción se pudo apreciar fueron: Lamas 15 %, Moyobamba 78 %, San Martín 87%, Bellavista 32% y Mariscal Cáceres 70%. Las causas principales que influyeron en la disminución de la producción fueron: desinterés en el cultivo, escasez de mano de obra, condiciones climáticas adversas, escasa demanda en mercados, cultivos alternativos de mejores precios, siembras para el autoconsumo, semillas de mala calidad, falta de tecnología y falta de capacitación por parte del gobierno local (Minagri, 2016). La región tiene un gran potencial agropecuario para la siembra y producción de varios cultivos, reúne todas las condiciones favorables para un adecuado desarrollo del sector, solo falta la capacidad y las ganas de hacerlo.

#### **E. Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)**

El maíz es uno de los cultivos que tiene gran demanda en los mercados locales, regionales y nacionales, siendo la región San Martín una de las zonas donde se produce la mayor cantidad de este cultivo, además de ser uno de los principales productores a nivel

nacional; el maíz que se produce es considerado uno de los mejores, esto gracias a que posee un alto valor proteico y buena concentración de caroteno, por lo que es apreciado por las principales empresas dedicadas a la industria avícola, que minimizan el uso de harina en la alimentación de sus aves para la producción de carne y huevos (DRASAM, 2016).

El maíz es un cultivo promisorio que se siembra en la Región con grandes extensiones cultivadas y de gran importancia, porque tiene una relevancia fundamental debido a que forma parte de la cadena de maíz, avicultura, porcicultura, la cual es la más importante en términos de la actividad económica y social para el país. Dentro de la región, la producción de maíz en el 2014 fue de 125,930 TM, y la provincia con mayor producción lo obtuvo Picota con 46,633 TM seguida de Bellavista con 43,864 TM (DRASAM, 2016); en el 2017 la unión de esfuerzos de la gestión pública y los productores permitió incrementar la producción de maíz amarillo duro de la variedad Marginal 28-T en San Martín, al pasar 1.8 toneladas métricas por hectárea (TM/Ha), a 5.2 TM/Ha. Este cultivo por ser uno de los cultivos de mayor importancia para varios sectores industriales, el uso de nuevas tecnologías y técnicas de producción han incrementado las áreas de producción y como consecuencia de ellos se ha mejorado la calidad de vida de muchos agricultores y hombres del campo, que ven en este cultivo una fuente de ingresos rentable, generando grandes cambios para su ritmo de vida, tanto para ellos como para sus familias (DRASAM, 2016).

#### **1.2.10.2. Importancia económica de los cultivos en San Martín**

El movimiento económico de la región San Martín está muy ligada a la agricultura, debido a que esta actividad es la principal Fuente de ingresos de la población, el principal cultivo de producción y exportación es la Palma Aceitera que es el 91% del total de lo que produce el Perú. San Martín ocupa el primer lugar en la producción de arroz y tercero la producción de yuca. El cultivo de tabaco es cultivado para el uso industrial, además de estos cultivos la región también produce cultivos como: maíz amarillo duro, café, algodón, tubérculos, cereales y frutales como naranja, coco y plátanos. En los últimos años se ha extendido el cultivo de sacha inchi (especie de maní), y se ha incrementado la cantidad de producción de frutales y tubérculos (DRASAM, 2016).

### **1.2.10.3. Importancia del sector agropecuario en san Martín**

El sector agropecuario de la región San Martín, con una participación de 27,9% en la generación del valor agregado bruto (VAB) departamental, es la primera actividad generadora de empleo rural, productora de alimentos para las ciudades y de materia prima para la industria (INEI, 2008). En los últimos años la actividad agrícola de la región San Martín ha integrado mayor tecnología a la explotación de la tierra, al utilizar maquinaria agrícola, así como fertilizantes y pesticidas; lo que ha permitido recuperar extensas áreas agrícolas, antes abandonadas luego de efímera producción bajo el sistema de rozo, tumba y quema, muy tradicional en la Amazonia; esto como resultado de la afluencia de los colonos provenientes de regiones con mayor desarrollo agrícola y por la mayor integración lograda tras la mejora de las vías de comunicación (DRASAM, 2016).

# CAPÍTULO II

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materiales

#### Equipos

- ✓ Autoclave
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Shaker incubador orbital
- ✓ pH metro
- ✓ Estéreo microscopio
- ✓ Estufa
- ✓ Horno microondas

#### Materiales de laboratorio

- ✓ Pipetas
- ✓ Placas Petri
- ✓ Matraces Erlenmeyer
- ✓ Papel toalla
- ✓ Micropipetas
- ✓ Lamina porta y cubre objetos
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Alcohol de 96° y 70°
- ✓ Botellas de vidrio
- ✓ Marcador indeleble

#### Materiales de gabinete

- ✓ Laptop
- ✓ Computadora estacionaria
- ✓ Impresora
- ✓ Papel A4
- ✓ Cuadernos
- ✓ Lapiceros
- ✓ Lápiz
- ✓ Folders

#### Materiales de vivero

- ✓ Suelo
- ✓ Materia orgánica
- ✓ Semillas
- ✓ Bandejas de plástico
- ✓ Macetas de ½ y 1Kg.
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Mochila de fumigar
- ✓ Mesas para macetas
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Regadera
- ✓ Malla para cernir suelo
- ✓ Carretilla
- ✓ Palana
- ✓ Sacos
- ✓ Manguera
- ✓ Plástico

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Tipo de método de la investigación

La presente investigación fue de tipo paramétrica descriptiva.

### 2.2.2. Diseño estadístico

- Para evaluar el test de patogenicidad para cada aislamiento, fue empleado un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y 30 unidades experimentales por tratamiento.
- Para evaluar el rango de hospedante, los experimentos fueron sometidos a un DCA, donde una especie patogénica de un determinado cultivo fue testado en 5 cultivos (Tabla 1).

### 2.2.3. Tratamientos en estudio

**Tabla 1:**

*Tratamientos en estudio.*

Cultivo	Aislamiento	Condición de raíz	Inoculación	Tratamientos	Repeticiones
Cultivo de Sacha Inchi	<i>Fusarium solani</i> (M32C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
	<i>Fusarium moniliforme</i> (M33C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
Cultivo de Maíz	<i>Fusarium solani</i> (M31C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
	<i>Fusarium rigidiuscula</i> (M14C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
Cultivo de Frijol	<i>Fusarium moniliforme</i> (M37C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
	<i>Fusarium moniliforme</i> (M26C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
Cultivo de Café	<i>Fusarium solani</i> (M38C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
	<i>Fusarium</i>	Con heridas	Inoculado	T1	30

	<i>solani</i> (M39C1)		Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
	<i>Fusarium solani</i> (M28C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
		Intactas	Sin inocular	T2	30
			Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30
Cultivo de Ají Dulce	<i>Fusarium moniliforme</i> (M12C1)	Con heridas	Inoculado	T1	30
			Sin inocular	T2	30
		Intactas	Inoculado	T3	30
			Sin inocular	T4	30

#### 2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 2.2.4.1. Área de estudio

Las evaluaciones de pruebas de patogenicidad y rango de hospedante fueron realizadas en las instalaciones del vivero perteneciente al Laboratorio de Biología y Genética Molecular – Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín - T, en el Distrito de Morales, Provincia y Región de San Martín. Las cepas utilizadas fueron adquiridas del cepario del Laboratorio de Biología y Genética Molecular.

##### 2.2.4.2. Ubicación del ensayo

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM) – de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín.

###### a. Ubicación Política

Distrito : Morales  
 Provincia : San Martín  
 Departamento : San Martín

###### b. Ubicación Geográfica

Latitud Sur : 06°35'28"  
 Longitud Oeste : 76°18'47"  
 Altitud : 230 m.s.n.m.m.

## 2.2.5. Fases de instalación del proyecto de estudio

### A. Fase de campo

#### ➤ Colecta de suelo agrícola

Se colectó 500kg de suelo agrícola, el mismo que fue transportado desde el distrito de Shapaja, provincia y región San Martín hasta los ambientes del vivero perteneciente al LBGGM de la Facultad de Ciencia Agrarias de la UNSM-T, el cual está ubicado en el distrito de Morales, provincia y región San Martín; este suelo fue sometido a diferentes procesos de limpieza como: eliminación de rastrojos, homogenización en partículas más pequeñas y tamizado (tamiz metálico de 1/8 de abertura).

### B. Fase de Laboratorio

#### ➤ Esterilización de sustrato y arena

La esterilización del sustrato, como de la arena se realizó utilizando una autoclave; las condiciones de esterilización para ambos componentes fueron las mismas: para el sustrato 121°C, 15 psi, 30 minutos; y para la arena 121°C, 15 psi, 30 minutos.

#### ➤ Fuentes patogénicas (*Fusarium sp*)

**Tabla 2:**

*Cepas Fusarium activas pertenecientes a la micoteca del LBGGM de la UNSM.*

Código de Laboratorio Muestra (M)	CULTIVO	LUGAR	Cepas Obtenidas (C)
M-28	Ají dulce	Pachilla	M28C1 ( <i>F. solani</i> )
M-12	Ají dulce	Leticia	M12C1 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-15	Arroz esperanza	Vainilla, Bellavista	M15C1 ( <i>F. lateritium</i> )
M-19	Arroz Feron	San Hilarión, Picota	M19C2 ( <i>F. lateritium</i> )
M-11	Cacao	Shueshuyacu	M11C2 ( <i>F. equiseti</i> ) M11C3 ( <i>F. solani</i> )
M-38	Café	Aucaloma (M2)	M38C1 ( <i>F. solani</i> )
M-39	Café	Aucaloma (M1)	M39C1 ( <i>F. solani</i> )
M-02	Culantro	Bijao, San Martín	M2C5 ( <i>F. tricintum</i> ) M2C2 ( <i>F. episphaeria</i> )
M-37	Frijol huasca poroto	Limón, Bellavista	M37C1 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-36	Frijol huasca poroto	Aucaloma (M4)	M36C1 ( <i>F. moniliforme</i> )

M-31	Maíz amarillo con grano	Utcubamba, Bellavista	M31C1 ( <i>F. solani</i> )
M-14	Maíz grano	San Juan de Tallaquiwi	M14C1 ( <i>F. rigidiuscula</i> )
M-06	Plátano	Shueshuyacu	M6C4 ( <i>F. solani</i> )
M-03	Plátano	Aucaloma	M3C2 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-32	Sacha inchi	Aucaloma (M9)	M32C1 ( <i>F. solani</i> )
M-33	Sacha inchi	Aucaloma (M8)	M33C1 ( <i>F. moniliforme</i> )

De la relación de cepas *Fusarium* mencionadas en la Tabla 2, se seleccionaron 10 cepas *Fusarium* de 5 cultivos agrícolas de la región San Martín (Tabla 3), con estas cepas se realizaron todos los test de patogenicidad y rango de hospedante.

**Tabla 3:**

*Cepas Fusarium seleccionadas para los test de patogenicidad y rango de hospedante.*

Código de Laboratorio Muestra (M)	CULTIVO	LUGAR	Cepas Obtenidas (C)
M-28	Ají dulce	Pachilla	M28C1 ( <i>F. solani</i> )
M-12	Ají dulce	Leticia	M12C1 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-38	Café	Aucaloma (M2)	M38C1 ( <i>F. solani</i> )
M-39	Café	Aucaloma (M1)	M39C1 ( <i>F. solani</i> )
M-37	Frijol huasca poroto	Limón, Bellavista	M37C1 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-36	Frijol huasca poroto	Aucaloma (M4)	M36C1 ( <i>F. moniliforme</i> )
M-31	Maíz amarillo con grano	Utcubamba, Bellavista	M31C1 ( <i>F. solani</i> )
M-14	Maíz grano	San Juan de Tallaquiwi	M14C1 ( <i>F. rigidiuscula</i> )
M-32	Sacha inchi	Aucaloma (M9)	M32C1 ( <i>F. solani</i> )
M-33	Sacha inchi	Aucaloma (M8)	M33C1 ( <i>F. moniliforme</i> )

### ► Reactivación de cepas

Las cepas *Fusarium sp.*, fueron proporcionadas por el LBGGM – UNSM – T, el mismo que posee una micoteca con diferentes especies del género *Fusarium*. Todas las cepas de *Fusarium sp.*, fueron previamente identificadas y caracterizadas, los cuales

fueron conservados en tubos criogénicos, con una solución de Glycerol al 30%. Los cuales fueron acondicionados dentro de un freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Para la reactivación de todas las cepas de *Fusarium sp.*, se procedió aplicando los siguientes pasos:

- ✓ Se retiraron los tubos criogénicos del freezer ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), se colocaron los mismos a temperatura ambiente por espacio de 5 minutos, esto se realizó para que la solución concentrada adopte un estado líquido y sea más fácil trabajar con ella, los tubos descongelados fueron colocados dentro de la cabina de flujo laminar; este proceso se realizó con la finalidad de evitar que las muestras se contaminen; y el trabajo con estas cepas sea de manera segura.
- ✓ Utilizando una micropipeta de 1mL se extrajo 10 microlitros ( $\mu\text{m}$ ) de solución *Fusarium*, el mismo que fue distribuido en una placa de Petri, esta placa contenía un medio de cultivo PDA, que sirvió para el desarrollo del hongo.
- ✓ Concluida la extracción de la solución *Fusarium*, se procedió a tapar los tubos criogénicos y regresarlos al freezer ( $-20^{\circ}\text{C}$ ).
- ✓ Para cada extracción de cepas *Fusarium sp.*, se utilizó una puntera diferente, esto se hizo para evitar contaminación con otras muestras.
- ✓ Finalmente, todas las placas con la solución *Fusarium* reactivadas fueron colocadas en la cámara de incubación (BOD) por 48 horas a  $28^{\circ}\text{C}$ .

### ➤ Cultivo de suspensión celular

Por cada cepa identificada en la micoteca, y luego de ser reactivadas. Estas fueron utilizadas para desarrollar cultivos en suspensión celular, con este proceso se logró incrementar el número de microconidias para los ensayos de patogenicidad. El medio de cultivo líquido (PDL) en conjunto con los discos de cada cepa, se colocaron sobre agitación (180 rpm) por un intervalo de 4 días a  $28^{\circ}\text{C}$ . Culminado el proceso de agitación, la suspensión celular fue filtrada sobre tres tamices de 180, 53 y 38  $\mu\text{m}$  secuencialmente. Enseguida, se realizó diluciones seriadas con la finalidad de cuantificar la cantidad de macroconidias por unidad de volumen (Leslie & Summerell, 2006).

## ➤ Preparación de medio de cultivo

### **Papa dextrosa agar (PDA)**

Para recuperar las cepas de *Fusarium* en los tejidos de cada cultivo, pos test de patogenicidad, se preparó medio de cultivo PDA, para ello se procedió de la siguiente manera: se pesó 250 gramos de papa, las mismas que fueron cortadas en cuadraditos pequeños y luego se pusieron a cocer en 1000 mL de agua destilada (AD) durante  $\pm$  10 minutos, evitando que las papas se desintegren durante su cocción, el caldo resultante se filtró con la ayuda de un colador en un recipiente de polietileno limpio (capacidad de 1500mL), luego se agregó 20g de dextrosa y 15 g de agar, se mezcla bien con la ayuda de una cuchara de metal. La mezcla final se colocó en botellas de vidrio de 500 mL c/u, las mismas fueron esterilizadas a 121°C, 15 psi, 30 minutos en una autoclave vertical a vapor. Antes de utilizar el medio PDA, se tuvo que esperar que este medio esté tibio (temperatura 20 o 30°C), alcanzado este punto se agregó 0.030 gramos por 1 litro de antibiótico Cloranphenicol; el antibiótico inhibe el desarrollo de bacterias que puede alterar el normal desarrollo del hongo. El PDA + Cloranphenicol tibio fueron disueltos en placas petri, estas placas con el medio sirvieron para la purificación, proliferación, conservación, desarrollo, recuperación y multiplicación del hongo *fusarium* (French y Herbert, 1982).

### **Papa dextrosa líquida (PDL)**

Para multiplicar los macro y microconidios de las cepas *Fusarium* que fueron utilizados durante la instalación de los tratamientos de test de patogenicidad y rango de hospedante se preparó medio de cultivo PDL, para ello se procedió de la siguiente manera: se pesó 250 gramos de papa, las mismas se cortarán en trozos y se pusieron a cocer en 1000 mL de agua destilada (AD) durante ( $\pm$ 2) 10 minutos evitando que se desintegren, el caldo de papa fue filtrado en otro recipiente limpio y se agregó 15g de dextrosa, se mezcló y se agitó por un par de minutos, para homogenizar la mezcla. La mezcla fue colocada en 1 botella de vidrio de 1000 mL de capacidad, el mismo que fue esterilizado a 121°C de temperatura por 30 minutos con la ayuda de una autoclave vertical a vapor (French y Herbert, 1982).

### **C. Fase de vivero**

#### **➤ Preparación de sustrato**

El sustrato que se utilizó para los experimentos de patogenicidad y rango de hospedante, se obtuvo de la mezcla proporcional de 1 (suelo): 1.5 (turba): 0.5 (vermiculita), temperatura media de 28°C y una Humedad Relativa de 75%.

#### **➤ Llenado de macetas**

Para las pruebas de patogenicidad y rango de hospedante se llenaron macetas de 1Kg. Por cada experimento, en total fueron llenadas 120 macetas.

#### **➤ Ensayo de infección**

Antes de iniciar el test de patogenicidad, primeramente se realizó la pre-germinación de semillas de cada cultivo sobre un sustrato de arena estéril hidratado. Al cabo de 3 o 15 días después de ser sembrados, dependiendo del cultivo; las semillas pre-germinadas que presentaban una raíz principal definida fueron sometidos a los experimentos de test de patogenicidad.

Para el ensayo de patogenicidad, las semillas con raíz principal definida fueron separadas en dos grupos: uno con raíces principales cortadas y otro con raíces sin cortar, de cada grupo fueron separados en dos grupos; un grupo en la presencia de microconidias y otro grupo solamente en ADE. De este experimento se consiguió distinguir cuatro tratamientos (TISH = testigo de inoculación sin herida, ISH = inoculación sin herida, TICH = testigo de inoculación con herida, ICH = inoculación con herida). Las inoculaciones se realizaron en bandejas de plástico (20x10x5cm) que contenían ADE más microconidos de *Fusarium sp* ( $25 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ ), el periodo de infección fue de 30 minutos, cumplido el tiempo, se procedió a extraer las plántulas de la solución y posteriormente fueron sembradas en macetas (10 cm diámetro x 15cm de alto) para iniciar con el proceso de evaluación.

#### **➤ Evaluación de variables**

Las evaluaciones de las variables se realizaron después de 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), para determinar el rango de evaluaciones se tuvo en cuenta la fenología de los cultivos; en los cultivos anuales (maíz, frijol y ají) el rango de evaluación fue después de 10 ddi y en los cultivos perennes (sacha inchi y café) el rango fue después de los 20 ddi.

### ➤ **Riego**

Se realizó un riego interdiario a todos los tratamientos instalados, para esto se utilizó regaderas manuales, el riego se realizó por horas de la tarde, esto con la finalidad de evitar cambios bruscos de la temperatura y para que las plantas absorbieran mejor los nutrientes en horas de la noche.

### **2.2.9. Variables evaluadas**

#### ➤ **Altura de planta (cm)**

Se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal con una regla milimétrica, estas mediciones se realizó cada 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), esto dependió del ciclo fenológico de cada cultivo (cultivos perennes cada 20 ddi y cultivos anuales cada 10 ddi).

#### ➤ **Diámetro de tallo (mm)**

Se midió los tallos a una altura aproximada de 1cm del suelo; esto se realizó con un Vernier digital, el mismo que nos proporcionó datos precisos con un margen de error muy corto, el periodo de evaluación fue cada 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), esto dependió del ciclo fenológico de cada cultivo (cultivos perennes cada 20 ddi y cultivos anuales cada 10 ddi).

#### ➤ **Número de hojas**

Se contabilizo de manera visual todas las hojas verdaderas y completamente formadas desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta, el periodo de evaluación se realizó cada 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), esto dependió del ciclo fenológico de cada cultivo (cultivos perennes cada 20 ddi y cultivos anuales cada 10 ddi).

#### ➤ **Tasa de infestación (%)**

Se evaluó aspectos específicos de la planta y la cepa utilizada, es decir sintomatología y características de la presencia de la enfermedad que ocasiona *Fusarium*, para determinar este aspecto se tuvo en cuenta rangos específicos de control sugeridos por Zapata (1992):

<b>Porcentaje %</b>	<b>Nivel de daño</b>	<b>Control</b>
0 – 20	Presencia leve de la enfermedad	Control químico
21 – 40	Primeros síntomas	Control químico
41 – 60	Sintomatología abundante	Control químico
61 – 80	Ataque severo	Control químico
81 - 100	Muerte de la planta	Ninguno

El periodo de evaluación se realizó cada 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), esto dependió del ciclo fenológico de cada cultivo (cultivos perennes cada 20 ddi y cultivos anuales cada 10 ddi).

### ➤ **Rango de Hospedante**

Se determinó el rango de hospedante de una cepa patogénica, mediante la comparación de características físicas, comparación de macro, micronidios, micelio y estructuras reproductivas, de las cepas testadas con la cepas recuperadas de los diferentes cultivos utilizados para los experimentos, cada cepa utilizada posee características únicas que las diferencian unas de otras, y estas mismas características se repitieron en la cepas recuperadas de los cultivos infestados, es así que se logró determinar el rango de hospedante de una cepa sobre diferentes cultivos, el periodo de evaluación se realizó cada 10 o 20 días después de la inoculación (ddi), esto dependió del ciclo fenológico de cada cultivo (cultivos perennes cada 20 ddi y cultivos anuales cada 10 ddi).

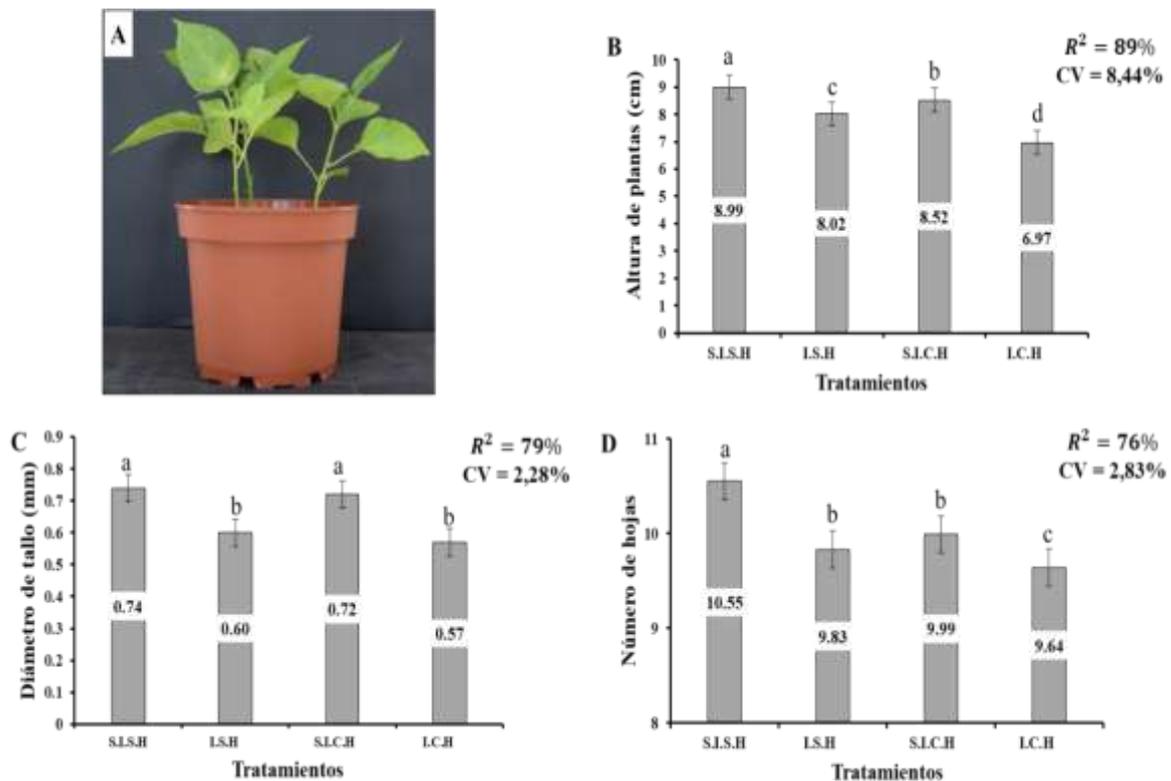
# CAPÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Pruebas de patogenicidad en diferentes cultivos

#### 3.1.1. Cultivo de ají dulce (*Capsicum chinense* L.)

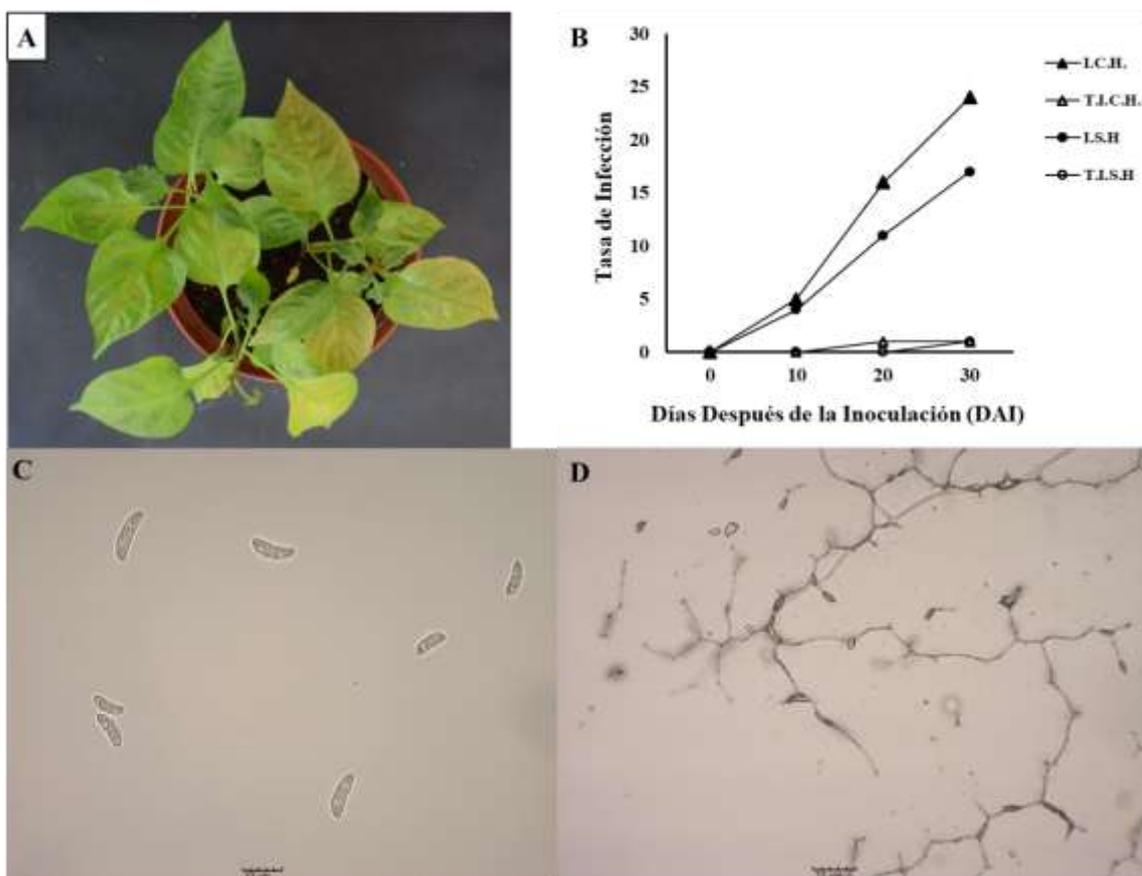
##### ➤ *Fusarium moniliforme* (M12C1)



**Figura 2.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M12C1 en el cultivo de ají dulce. A. Plantas de ají. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de ají dulce inoculado con la cepa *Fusarium moniliforme* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 8.44% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 89%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 8.99cm de altura, seguido del tratamiento SICH con 8.52cm y los tratamientos ISH y ICH (8.02cm y 6.97cm) los que obtuvieron los valores más bajos respectivamente (B). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 2.28% lo cual se encuentra en el rango

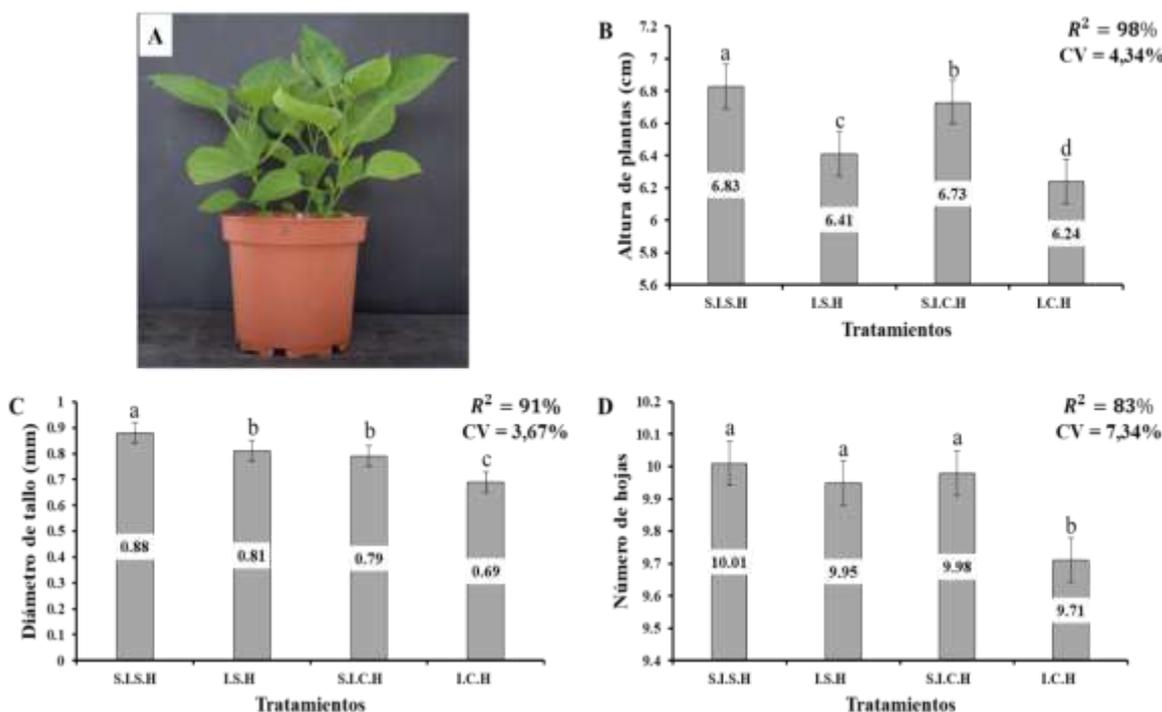
permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 79%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos SISH y SICH (0.74mm y 0.72mm) los que obtuvieron los mayores valores sin diferencias estadísticas entre sí, estos a su vez difieren estadísticamente con los tratamientos ISH y ICH (0.6mm y 0.57mm) quienes obtuvieron los menores valores (C). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 2.83% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 76%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 10.56 y a su vez difiere estadísticamente con los demás tratamientos, seguido de los tratamientos SICH y ISH (9.99 y 9.83) los mismos que son estadísticamente semejantes, y el tratamiento ICH el cual obtuvo los valores más bajos con 9.64 (D).



**Figura 3.** Patogenicidad de *Fusarium moniliforme*. A. Plantas de ají con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

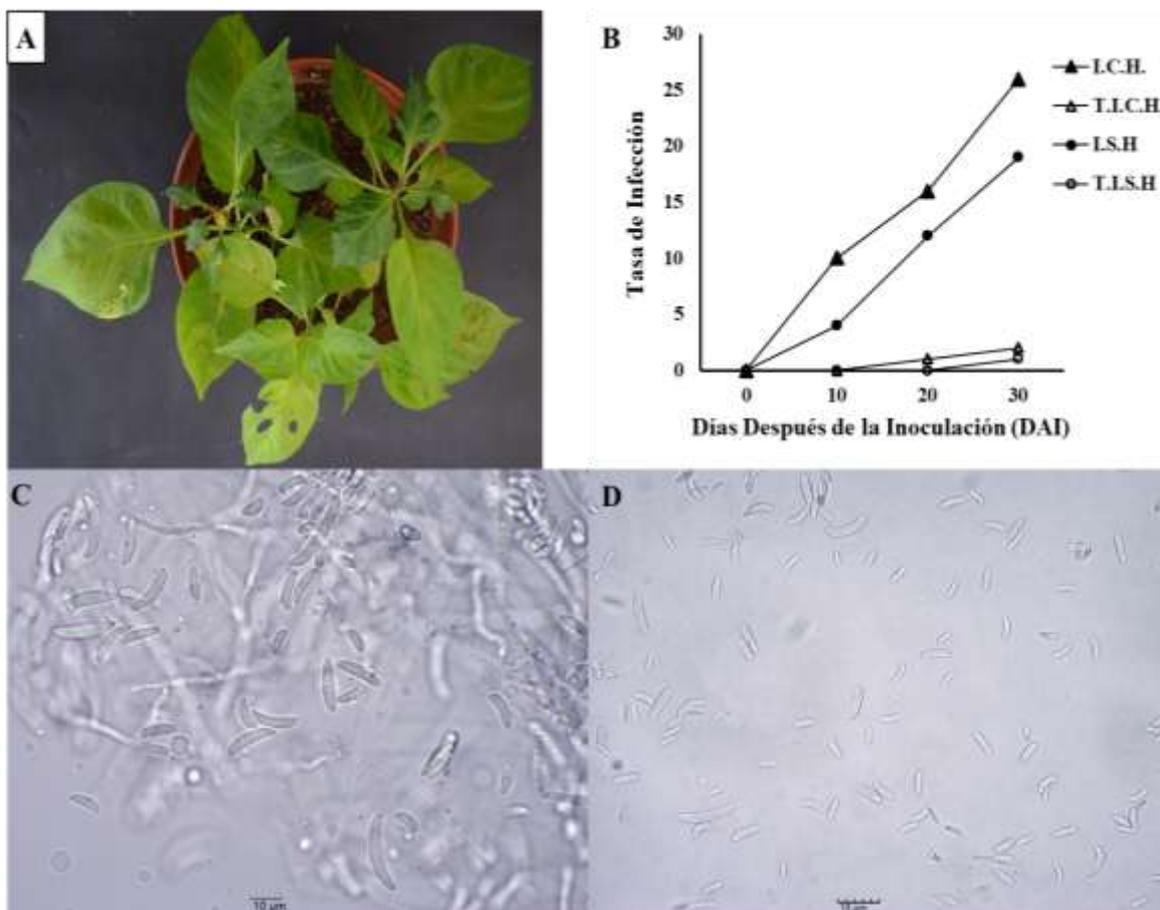
**A.** Se puede apreciar la sintomatología de *Fusarium moniliforme* en la planta, la misma que presentó amarillamiento y encrespamiento de las hojas, además de enanismo, marchitamiento y puntos necróticos a nivel del tallo; todos estos síntomas son característicos de este hongo, tal como lo describe Agrios, 2005. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de ají dulce, el cual evidencia el avance de la infección en relación al tiempo de evaluación, siendo el tratamiento ICH el que obtuvo mayor número de plantas infectadas en relación al tiempo y el tratamiento TISH el cual obtuvo los valores más bajos, en relación a los demás tratamientos. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium moniliforme*, las macroconidias tienen formas alargadas y angostas y las microconidias son elípticas, esta cepa fue testado en el cultivo de ají dulce. **D.** Se logra apreciar los conidios de la cepa testada con anterioridad, la cual presenta las mismas características y formas, lo cual manifiesta un alto grado de patogenicidad del hongo hacia la planta lo cual se corrobora con lo descrito por Cantu, 1998; quien manifiesta que *F. moniliforme* es un patógeno no obligado, que no tiene un hospedero específico y se puede encontrar en diferentes cultivos como: sorgo, trigo, algodón, frijol, tomate, palta, plátano, soya, ají o algunos forrajes.

➤ *Fusarium solani* (M28C1)



**Figura 4.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M28C1 en el cultivo de Ají Dulce. A. Plantas de ají. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de ají dulce inoculado con la cepa *Fusarium solani* (**A**), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 4.34% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 98%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 6.83cm de altura, seguido del tratamiento SICH con 6.73cm y los tratamientos ISH y ICH (6.41cm y 6.24cm) los que obtuvieron los valores más bajos respectivamente (**B**). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 3.67% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 91%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 0.88mm, seguido de los tratamientos ISH e SICH (0.81mm y 0.79mm) los mismos que obtuvieron valores estadísticamente semejantes entre sí, y el tratamiento ICH fue el que obtuvo el valor más bajo con 0.69mm (**C**). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 7.34% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 83%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos SISH, SICH e ISH los mismos que obtuvieron los valores más altos con 10.01, 9.98 y 9.95 respectivamente, los cuales son estadísticamente semejantes entre sí, y el tratamiento ICH fue el que obtuvo el valor más bajo con 9.71 (**D**).

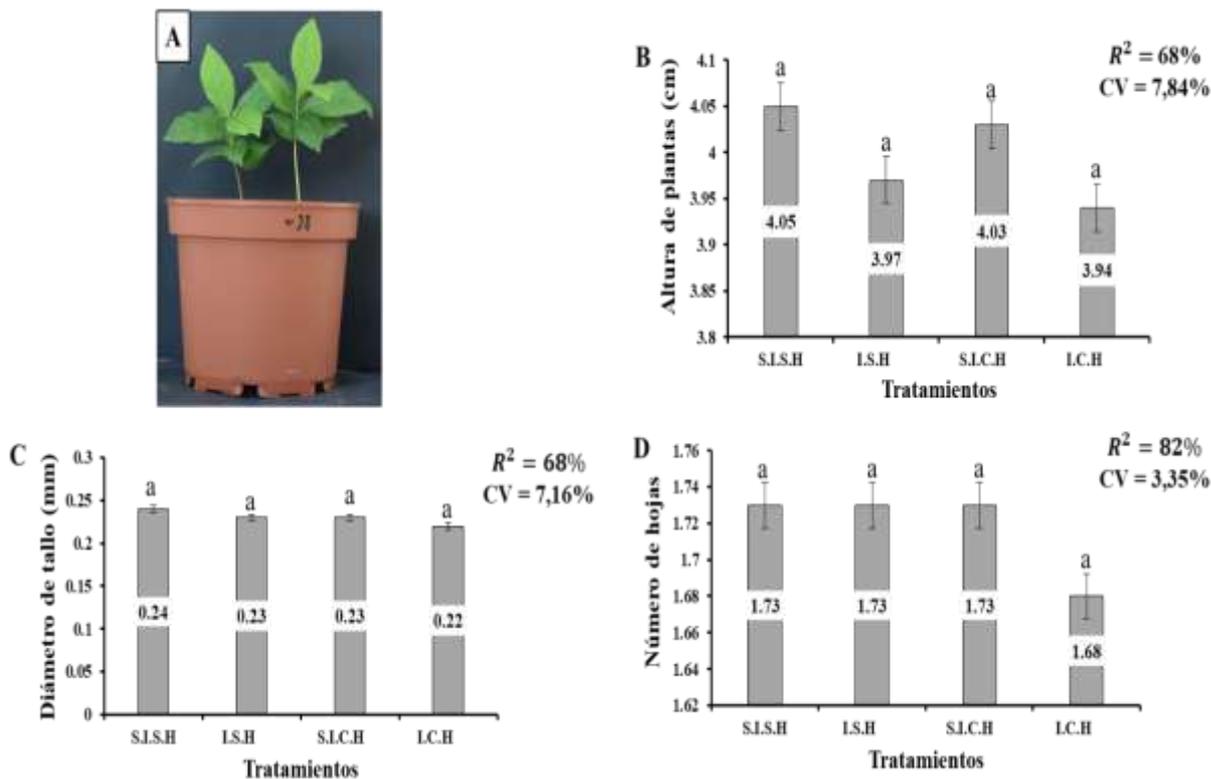


**Figura 5.** Patogenicidad de *Fusarium solani*. **A.** Plantas de ají con sintomatología de *Fusarium*. **B.** Tasa de infección. **C.** Conidios de cepa *Fusarium* testada. **D.** Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

**A.** Se logra observar la sintomatología de *Fusarium solani* en la planta, la misma que presenta un amarillamiento, encrespamiento y puntos necróticos a nivel de las hojas, esto representa un signo característico de la presencia del hongo en la planta corroborándose con lo descrito por Leslie y Summerell, 2006; quienes destacan que este hongo está asociada directamente al marchitamiento vascular y la pudrición blanda de los tejidos de las plantas. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de ají dulce, donde se puede observar el avance de la infección en relación al tiempo de evaluación, siendo el tratamiento ICH el que obtuvo mayor número de plantas infectadas en relación al tiempo y el tratamiento TISH el cual obtuvo los valores más bajos, en relación a los demás tratamientos. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, las macro y microconidios tienen forma de canoa con extremos romos, esta cepa fue testado en el cultivo de ají dulce. **D.** Se logra apreciar los conidios de la cepa testada con anterioridad, los mismos que cuentan con las mismas características físicas y formas que la cepa testada, lo cual manifiesta un alto grado de patogenicidad del hongo hacia la planta.

### 3.1.2. Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.)

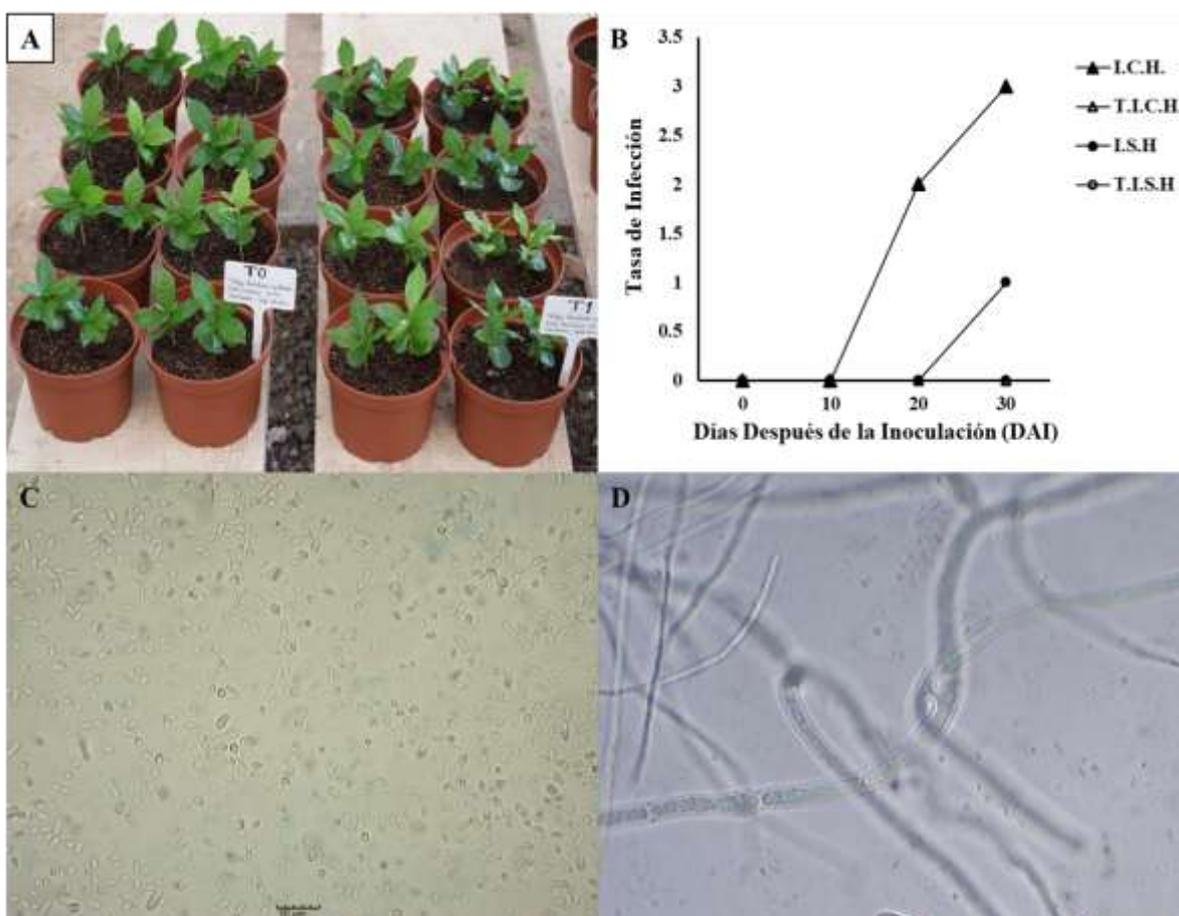
#### ➤ *Fusarium solani* (M38C1)



**Figura 6.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M38C1 en el cultivo de café. A. Plantas de café. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de café inoculado con la cepa *Fusarium solani* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 7.84% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 68%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 3.94 a 4.05 cm respectivamente. (B). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 7.16% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 68%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente idénticos entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 0.22 a 0.24 mm respectivamente (C). En cuanto al número de

hojas se tiene un CV de 3.35% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 82%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente similares entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 1.68 a 1.73 respectivamente (**D**).

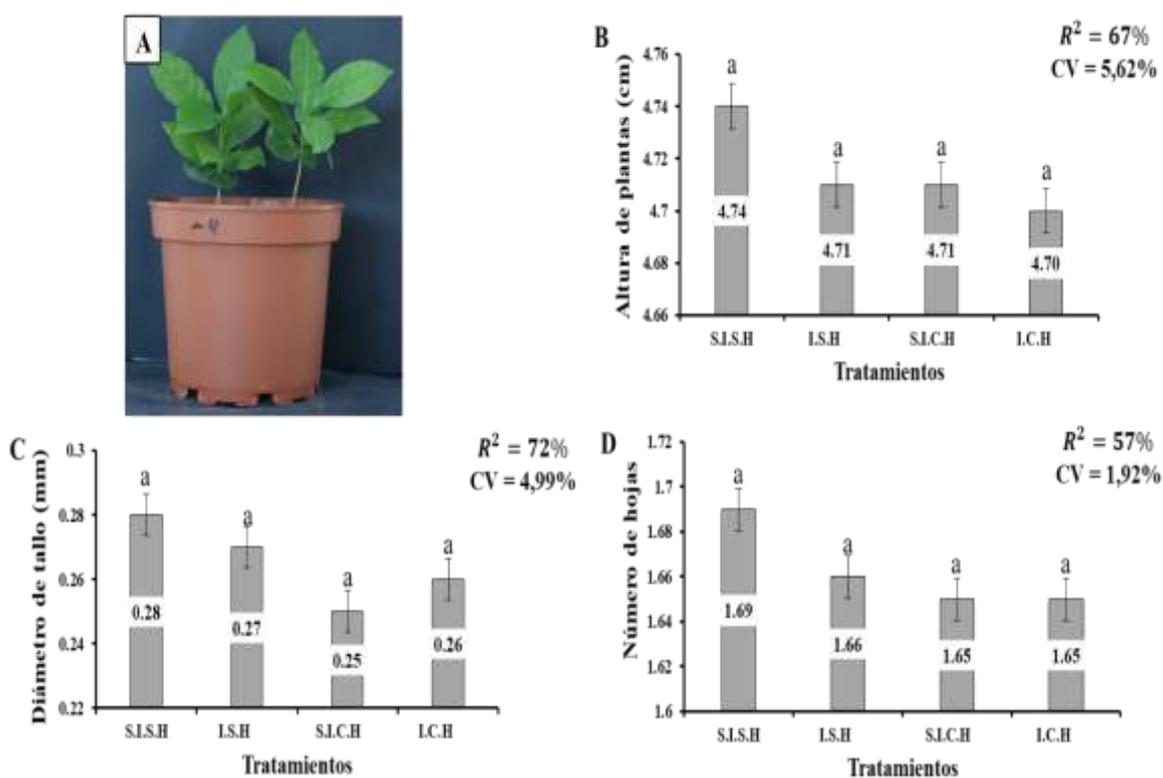


**Figura 7.** Patogenicidad de *Fusarium solani*. **A.** Plantas de café con sintomatología de *Fusarium*. **B.** Tasa de infección. **C.** Conidios de cepa *Fusarium* testada. **D.** Conidios de cepa *Fusarium* recupera.

**A.** Se logra apreciar plántulas de café sin ninguna sintomatología visible de *Fusarium solani* en la planta, estas plantas fueron testadas con este hongo y al término de su evaluación no presentan síntoma alguno que manifestara la presencia del hongo en ellas. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de café, donde claramente se puede notar el mínimo de infección que causó el hongo a este cultivo, los datos representan que al término de las

evaluaciones solo 3 y 2 plantas de los tratamientos ICH e ISH respectivamente, presentaron un ligero síntoma de infección generado por la presencia del patógeno en las plantas. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, el cual fue testado en el cultivo de café. **D.** Se logra apreciar la presencia de micelio extracelular, y no se observa los conidios característicos de la cepa testada con anterioridad, concluyendo que este hongo NO es patogénico para el cultivo de café.

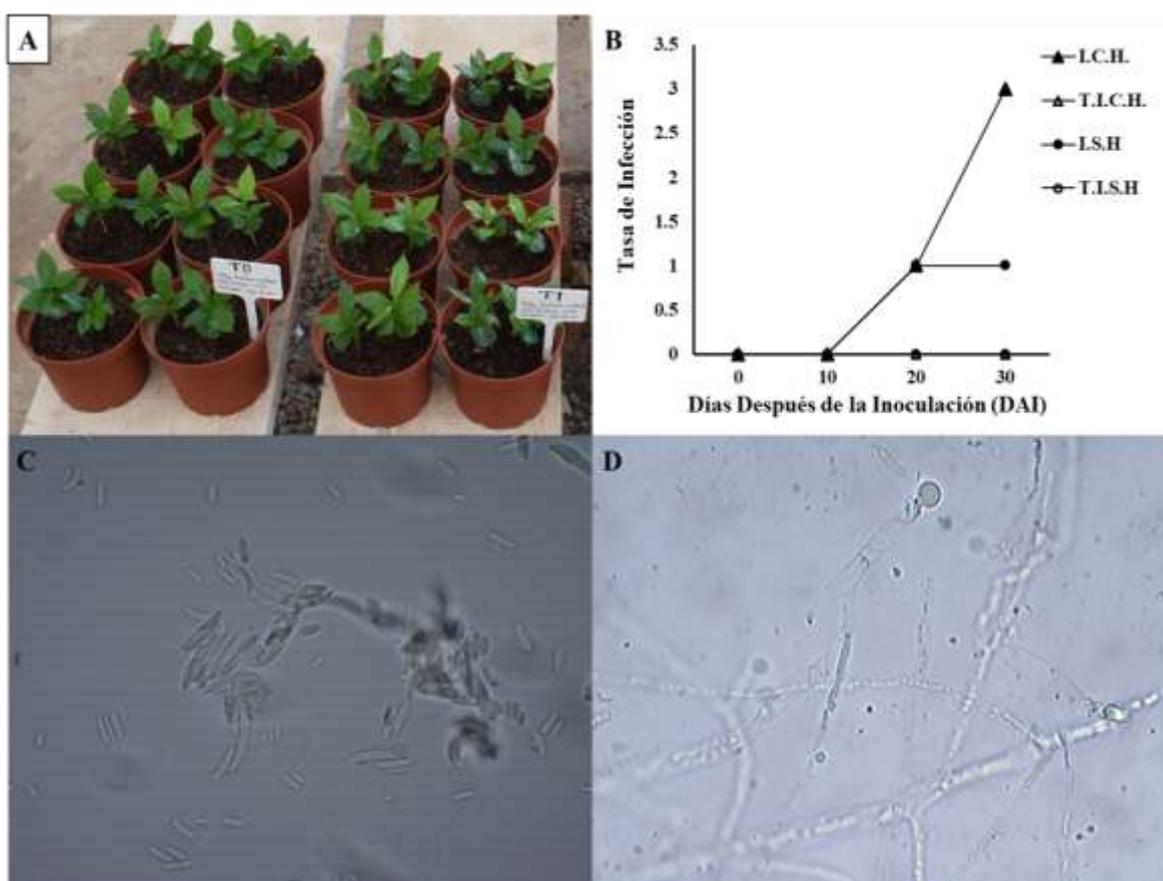
➤ *Fusarium solani* (M39C1)



**Figura 8.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M39C1 en el cultivo de café. A. Plantas de café. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de café inoculado con la cepa *Fusarium solani* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 5.62% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 67%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 4.70 a 4.74 cm respectivamente (B). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 4.99% lo cual se encuentra en el rango

permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 72%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente similares entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 0.26 a 0.28 mm respectivamente (C). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 1.92% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 57%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir que los tratamientos evaluados son estadísticamente idénticos entre sí; el rango de valores obtenidos en los resultados fueron de 1.65 a 1.69 respectivamente (D).

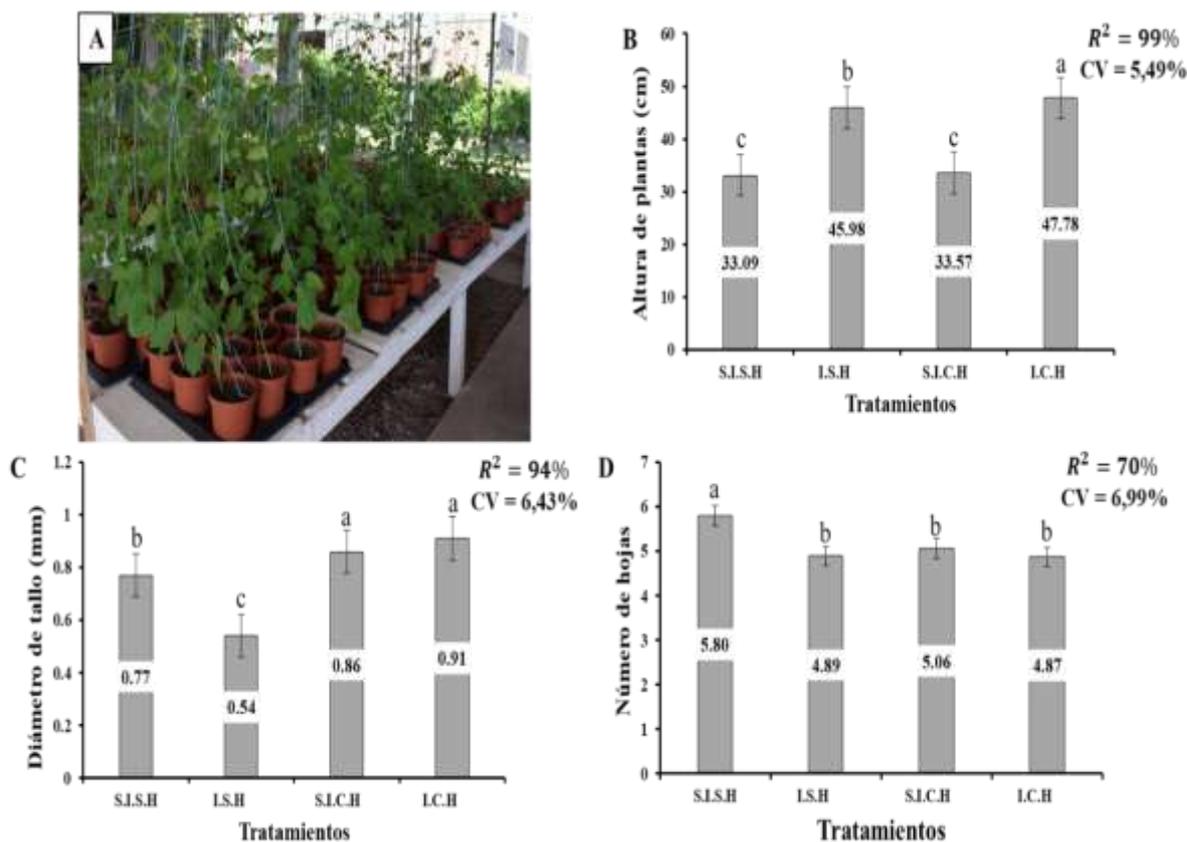


**Figura 9.** Patogenicidad de *Fusarium solani*. A. Plantas de café con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

**A.** Se logra apreciar plántulas de café sin ninguna sintomatología visible de *Fusarium solani* en las plantas, las mismas que fueron testadas con este hongo y que al término de su evaluación no presentan síntomas visibles que manifestara la presencia del hongo en ellas. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de café, donde claramente se puede notar el mínimo de infección que causo el hongo a este cultivo, los datos representan que al término de las evaluaciones solo 3 plantas del tratamientos ICH y 1 del tratamiento ISH, presentaron un ligero síntoma de infección generado por la presencia del patógeno en las plantas. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, el cual fue testado en el cultivo de café. **D.** Se logra apreciar la presencia de micelio extracelular, y no se observa los conidios característicos de la cepa testada con anterioridad, concluyendo que este hongo NO es patogénico para el cultivo de café.

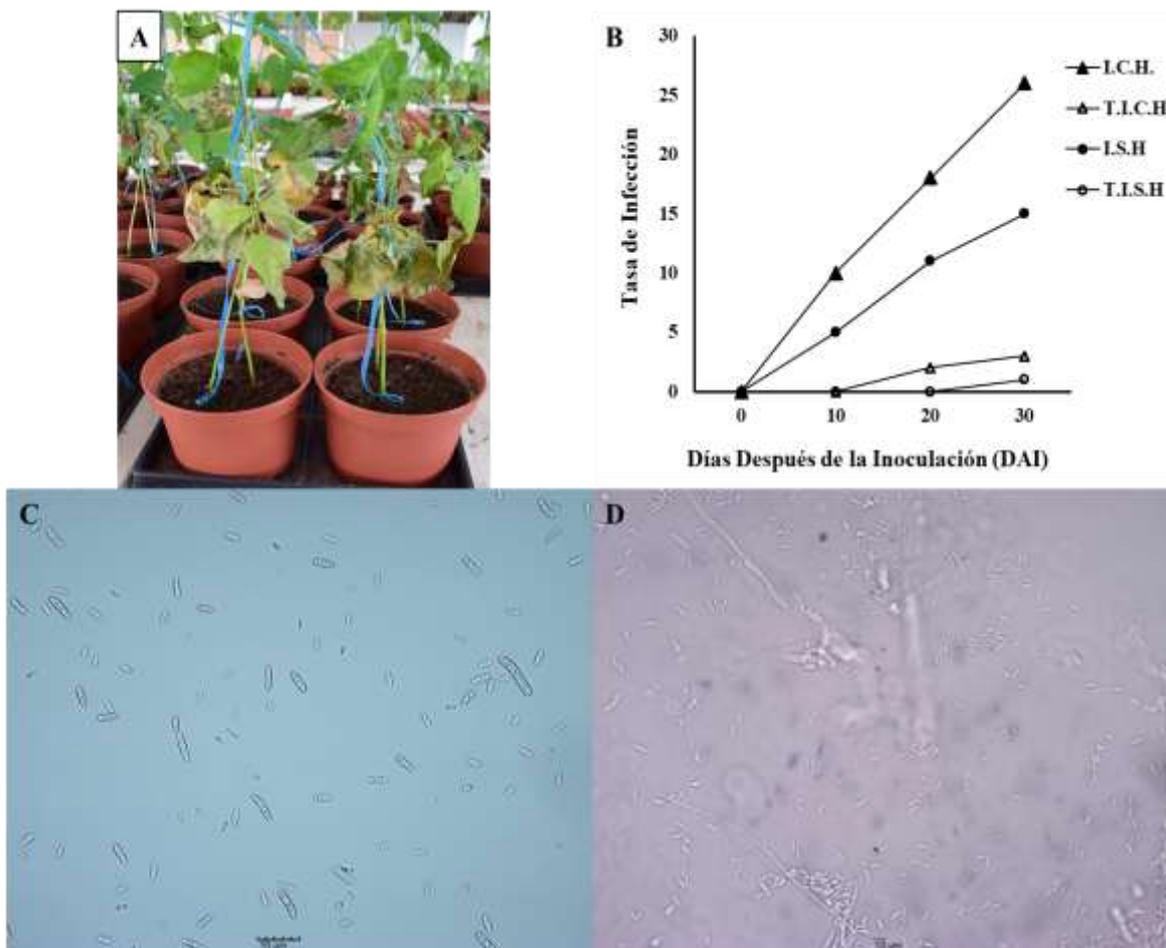
### 3.1.3. Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

#### ➤ *Fusarium moniliforme* (M36C1)



**Figura 10.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M36C1 en el cultivo de Frijol. A. Plantas de frijol. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de frijol inoculado con la cepa *Fusarium moniliforme* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 4.49% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de ICH el que obtuvo el mayor valor con 47.78cm de altura, seguido del tratamiento ISH con 48.98cm y los tratamientos SICH y SISH (33.57cm y 33.09cm) los que obtuvieron los valores más bajos respectivamente y que estos a su vez son estadísticamente iguales (B). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 6.43% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 94%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos ICH y SICH (0.91mm y 0.86mm) los que obtuvieron los mayores valores y que a su vez son estadísticamente iguales entre sí, en tanto los tratamientos SISH y ISH (0.77mm y 0.54mm) son quienes obtuvieron los menores valores en relación al diámetro de tallo (C). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 6.99% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 70%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 5.8 y que este a su vez difiere estadísticamente con los demás tratamientos, seguido de los tratamientos SICH, ISH e ICH quienes alcanzaron los valores más bajos 5.06, 4.89 y 4.87 respectivamente con igualdad estadística entre sí (D).

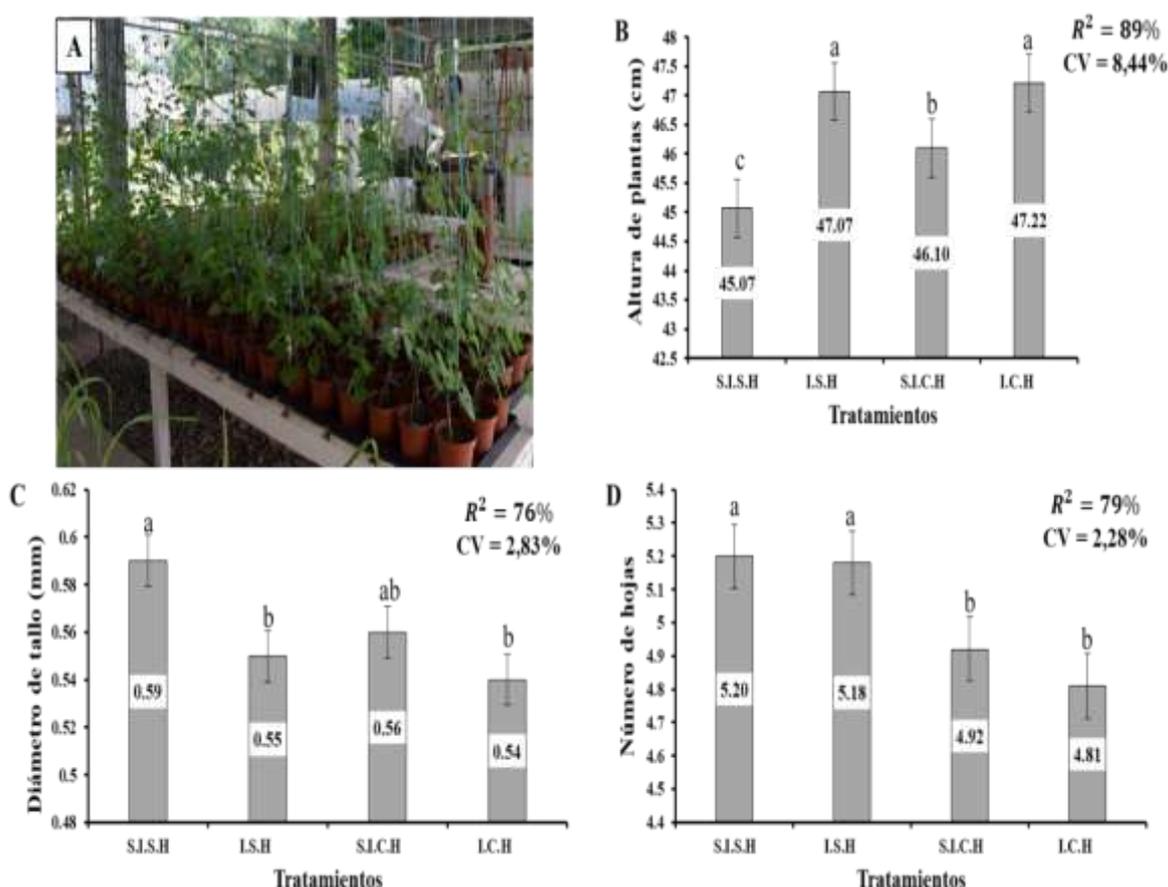


**Figura 11.** Patogenicidad de *Fusarium moniliforme*. A. Plantas de frijol con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recupera.

**A.** Se logra apreciar plantas de frijol con una clara sintomatología de *Fusarium moniliforme*, denotándose marchitamiento, caída y manchas necróticas a nivel de las hojas, y necrosamiento y pudrición en los tallos, todos estos síntomas manifiestan la presencia del hongo en las plantas, corroborándose lo descrito por Leslie y Summerell, 2006. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de frijol, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 26 plantas muertas, estos resultados son corroborados por Abawi y Corrales, (1990); Smith y Dunez, (1992), los cuales refieren que los síntomas se presentan después de siete a nueve días de la infección y en ataques severos la planta muere a los 21 días. En las plantas se observa pudrición seca por encima de la raíz pivotante y del cuello de la raíz, el tejido se torna rojizo y la planta puede morir. El tratamiento TISH fue quien obtuvo los valores más bajos con 1 planta. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, los microconidios tienen forma elíptica a

ovaladas y macroconidios de forma alargadas y angostas, esta cepa fue testado en el cultivo de frijol. **D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de frijol con síntomas del hongo, y que comprueban la patogenicidad de este hongo en el cultivo de frijol, todas estas características se corrobora con lo descrito por Cantu, 1998; quien manifiesta que *F. moniliforme* es un patógeno no obligado, que no tiene un hospedero específico y se puede encontrar en diferentes cultivos como: sorgo, trigo, algodón, frijol, tomate, palta, plátano, soya, ají o algunos forrajes.

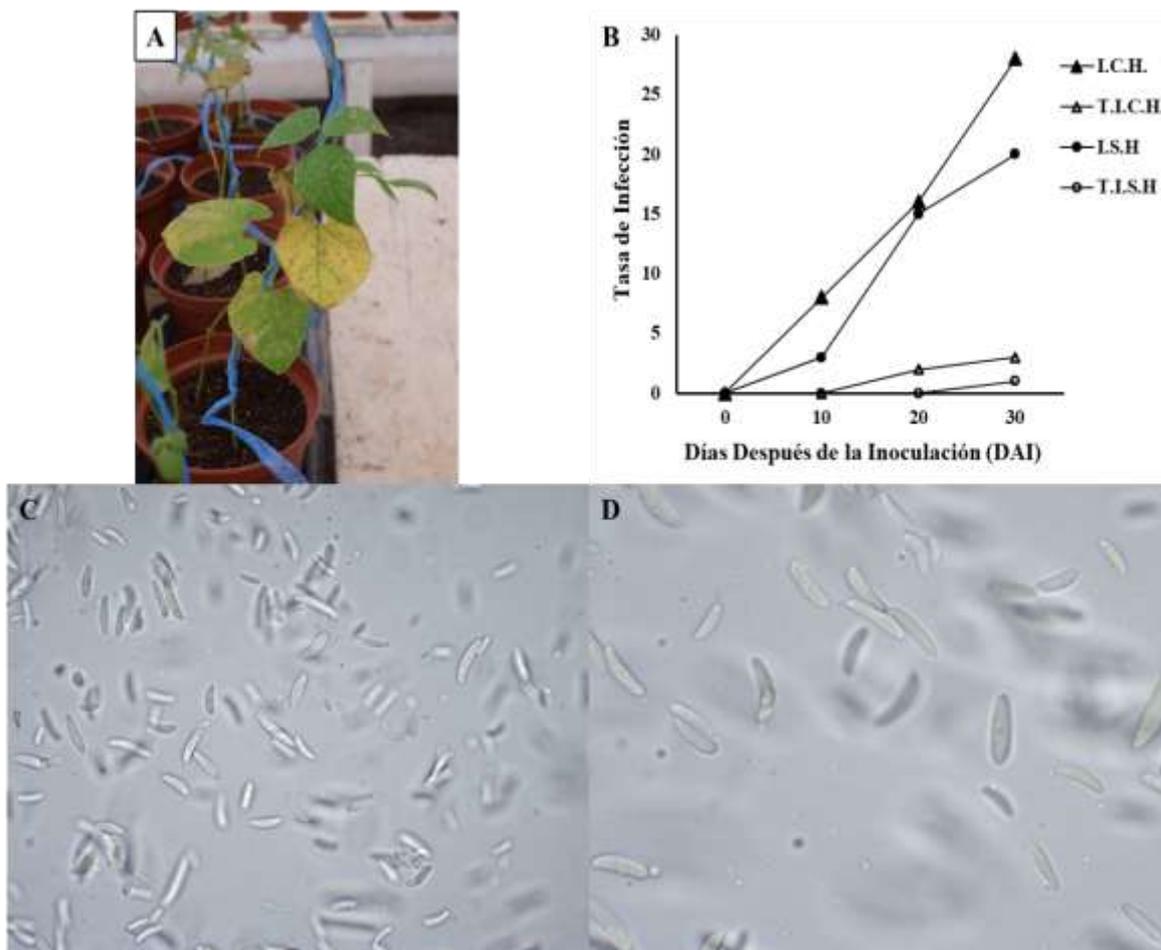
➤ *Fusarium moniliforme* (M37C1)



**Figura 12.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M37C1 en el cultivo de Frijol. A. Plantas de frijol. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de frijol inoculado con la cepa *Fusarium moniliforme* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 8.44% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 89%, el cual

indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de ICH el que obtuvo el mayor valor con 47.22cm de altura, seguido del tratamiento ISH con 47.07cm, en tanto los tratamientos SICH y SISH (46.10cm y 45.07cm) los que obtuvieron los valores más bajos respectivamente y que estos a su vez son estadísticamente semejantes entre sí (**B**). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 2.83% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 76%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el mayor valor con 0.59mm y que este a su vez tiene similitud estadísticamente con el tratamiento SICH con 0.56mm de diámetro, en tanto los tratamientos ISH e ICH (0.55mm y 0.54mm) son quienes obtuvieron los menores valores en relación al diámetro de tallo y que además son estadísticamente iguales (**C**). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 2.28% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 79%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos SISH e ISH los que obtuvieron los valores más altos con 5.20 y 5.18 respectivamente y que estadísticamente son iguales entre sí, en tanto los tratamientos SICH e ICH fueron quienes alcanzaron los valores más bajos con 4.92 y 4.81 respectivamente y que además son estadísticamente semejantes en relación al número de hojas (**D**).



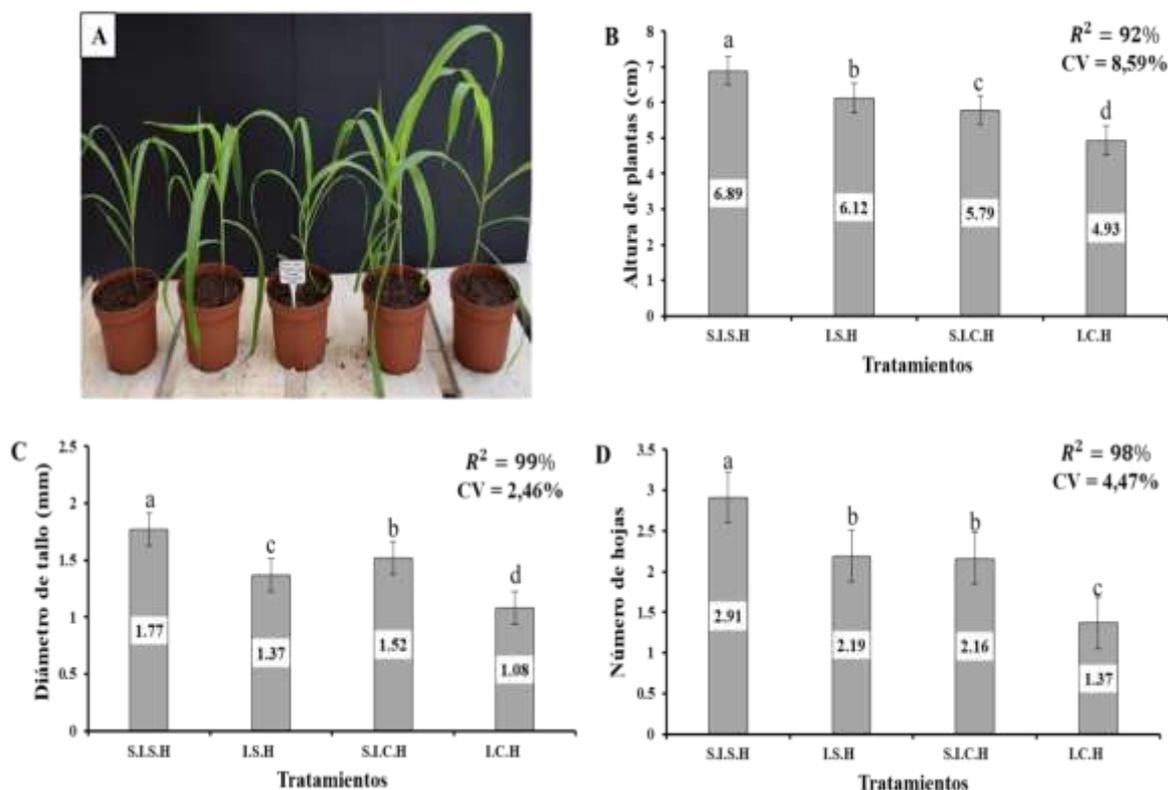
**Figura 13.** Patogenicidad de *Fusarium moniliforme*. A. Plantas de frijol con sintomatología de *Fusarium moniliforme*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

**A.** Se logra apreciar plantas de frijol con una sintomatología visible de *Fusarium moniliforme*, presentando marchitamiento, caída y manchas necróticas en las hojas, y necrosamiento y pudrición en los tallos, todos estos síntomas manifiestan la presencia del hongo en las plantas, corroborándose lo descrito por Agrios, 2005. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de frijol, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 28 plantas, los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Schwartz y Gálvez, (1980); Campos, (1991); Smith y Dunez, (1992), quienes refieren que la pudrición seca de la raíz en plantas de 8 a 15 días de edad, los síntomas visibles inician en el hipocótilo y la raíz en forma de franjas o lesiones alargadas rojizas, las cuales se unen y se tornan café; llegan hasta el cuello de la raíz, las raicillas mueren y permanecen adheridas a la planta. El tratamiento TISH fue quien obtuvo el valor más bajo con 1 planta muerta. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, los microconidios tienen forma

oval o elíptica y los macroconidios de forma alargada y angosta, esta cepa fue testada en el cultivo de frijol. **D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de frijol con síntomas del hongo, y que comprueban la patogenicidad de este hongo hacia el cultivo de frijol.

### 3.1.4. Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)

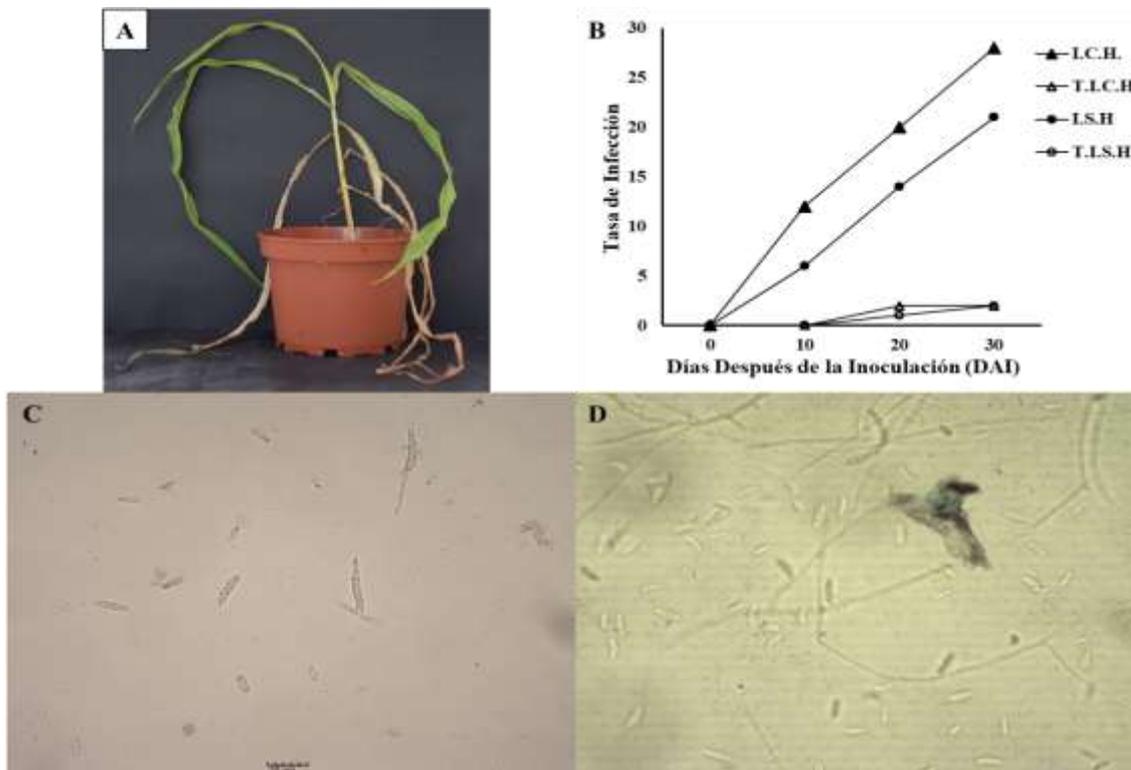
#### ➤ *Fusarium rigidiuscula* (M14C1)



**Figura 14.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M14C1 en el cultivo de Maíz. A. Plantas de maíz. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de maíz inoculado con la cepa *Fusarium rigidiuscula* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 8.59% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de ICH el que obtuvo el mayor valor con 6.89cm de altura, seguido del tratamiento ISH con 6.12cm, en tanto los tratamientos SICH y SISH (5.79cm y 4.93cm) los que obtuvieron los valores más bajos respectivamente y que a su vez éstos difieren estadísticamente entre sí (B). En cuanto al

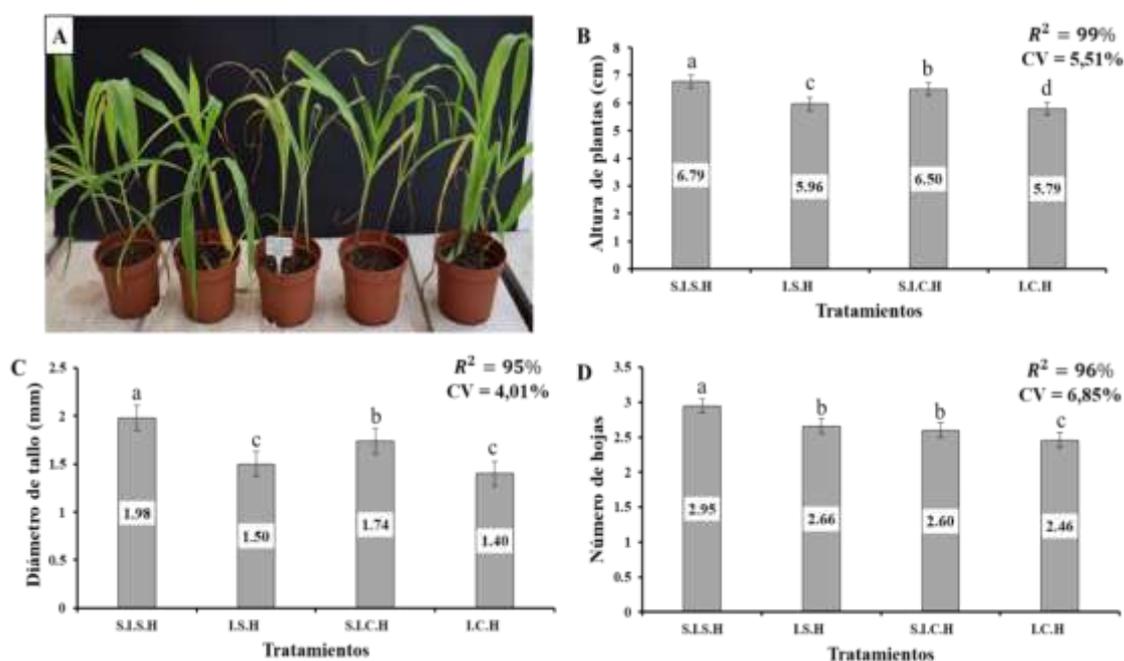
diámetro de tallo se tiene un CV de 2.46% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el mayor valor con 1.77mm, seguido del tratamiento SICH con 1.52mm, en tanto el tratamiento ISH obtuvo el valor de 1.37mm, y finalmente el tratamiento ICH fue el que obtuvo el valor más bajo con 1.08mm en relación al diámetro de tallo (C). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 4.47% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 98%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 2.91, seguido de los tratamientos ISH e SICH quienes obtuvieron valores estadísticamente iguales con 2.19 y 2.16 respectivamente, en tanto el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 1.37 y que difiere de los tratamientos en relación al número de hojas (D).



**Figura 15.** Patogenicidad de *Fusarium rigidiuscula*. A. Plantas de maíz con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

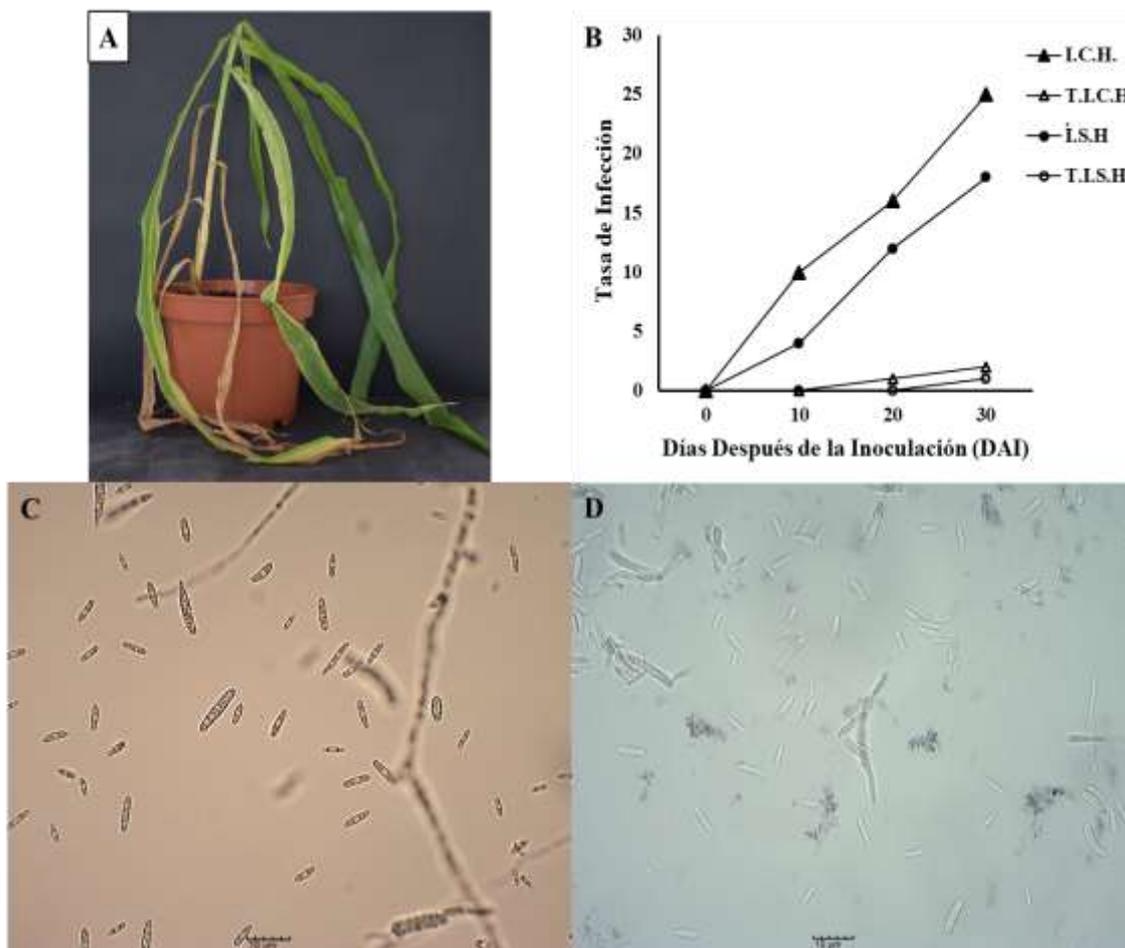
**A.** Se logra apreciar plantas de maíz con sintomatología visible de la presencia de *Fusarium rigidiuscula*, presentando marchitamiento, amarillamiento y caída a nivel de hojas, y manchas necróticas y pudrición en el tallo, síntomas claros que manifiestan la presencia del hongo en las plantas, tal y como lo describe Cantu, 1998. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de maíz, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 28 plantas a los 20 días ddi, estos resultados son similares a los obtenidos por Oren *et al.*, (2003) quien refiere que el proceso infectivo demora entre 25 y 30 días, donde las raíces y el mesocotilo ya se hallan colonizados y pueden mostrar síntomas de pudrición, dependiendo de la cantidad de inóculo y de factores ambientales. En el tallo no hay muchas hifas, de ahí que la infección puede cruzar de manera asintomática hasta ciertos tejidos. Los tratamientos TISH y TICH fueron quienes obtuvieron los valores más bajos con 1 y 1 planta respectivamente. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium rigidiuscula*, los microconidios tienen de forma oval a elípticas, la cepa fue testado en el cultivo de maíz. **D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de maíz con síntomas del hongo, y que comprueban la patogenicidad de este hongo hacia el cultivo de maíz.

➤ *Fusarium solani* (M31C1)



**Figura 16.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M31C1 en el cultivo de Maíz. A. Plantas de maíz. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de maíz inoculado con la cepa *Fusarium solani* (**A**), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 5.51% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 6.79cm de altura, seguido del tratamiento SICH con 6.50cm, en tanto el tratamiento ISH obtuvo 5.96cm de altura, y finalmente el tratamiento ICH fue el que obtuvo el valor más bajo con 5.79cm de altura (**B**). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 4.01% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 95%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el mayor valor con 1.98mm, seguido del tratamiento SICH con 1.74mm de diámetro, en tanto los tratamientos ISH e ICH (1.50mm y 1.40mm) son quienes obtuvieron los menores valores respectivamente y que estos a su vez son estadísticamente iguales entre sí en relación al diámetro de tallo (**C**). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 6.85% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 96%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 2.95, seguido de los tratamientos ISH e SICH los cuales obtuvieron valores de 2.66 y 2.60 respectivamente y que estos a su vez son estadísticamente iguales entre sí, en tanto el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 2.46 con relación al número de hojas (**D**).



**Figura 17.** Patogenicidad de *Fusarium solani*. A. Plantas de maíz con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperada.

**A.** Se logra apreciar plantas de maíz con sintomatología de *Fusarium solani*, las mismas que presentan marchitamiento, amarillamiento y caída de hojas, y en los tallos presentan manchas necróticas y pudrición, síntomas claros que manifiestan la presencia del hongo en las plantas, corroborándose lo descrito por Cantu, 1998; y Agrios, 2005.

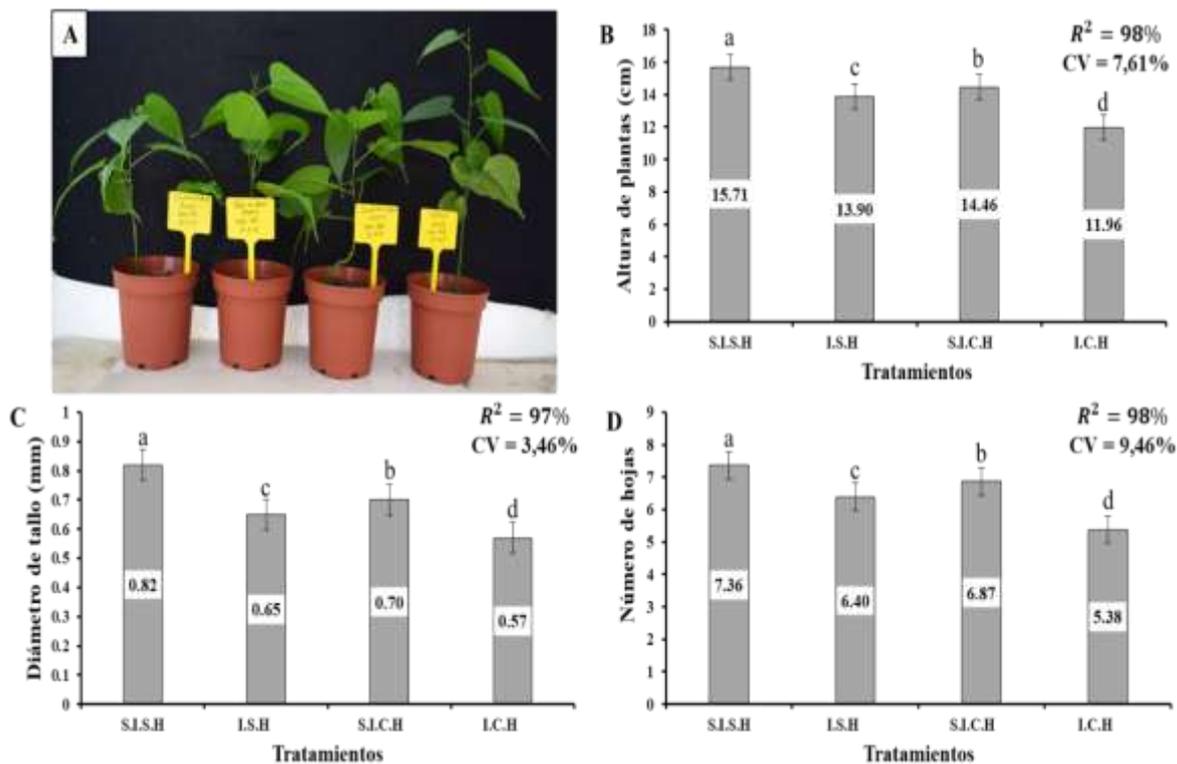
**B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de maíz, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 25 plantas y el tratamiento TISH fue quien obtuvo el valor más bajo con 1 planta.

**C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, las microconidias tienen forma ovaladas a elípticas y las macroconidias tienen forma de canoa con extremos romos, esta cepa fue testado en el cultivo de maíz.

**D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de maíz con síntomas del hongo, y que comprueban la patogenicidad de este hongo hacia el cultivo de maíz.

### 3.1.5. Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

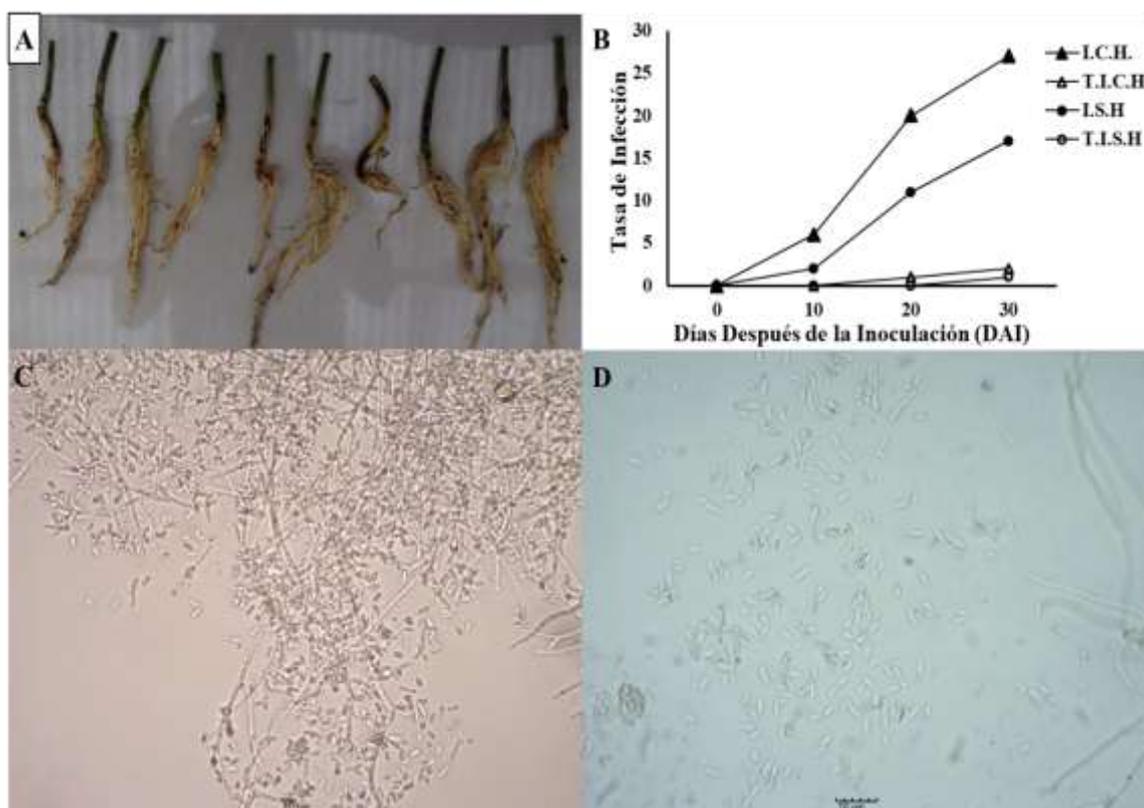
#### ➤ *Fusarium solani* (M32C1)



**Figura 18.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M32C1 en el cultivo de Sacha Inchi. A. Plantas de sachu inchi. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de sachu inchi inoculado con la cepa *Fusarium solani* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 7.61% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 98%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 15.71cm de altura, seguido del tratamiento SICH con 14.46cm, en tanto el tratamiento ISH obtuvo 13.90cm de altura, y finalmente el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 11.96cm de altura, todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí e independiente uno del otro (B). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 3.46% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 97%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre

tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el mayor valor con 0.82mm, seguido del tratamiento SICH con 0.70mm, en tanto el tratamiento ISH obtuvo un valor de 0.65mm de diámetro, y finalmente el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 0.57mm respecto al diámetro, todos los tratamientos tienen valores estadísticamente diferentes entre sí (C). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 9.46% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 98%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 7.36, seguido de los tratamientos SICH e ISH que obtuvieron valores de 6.87 y 6.40 respectivamente, y en tanto el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 5.38 en relación al número de hojas (D).

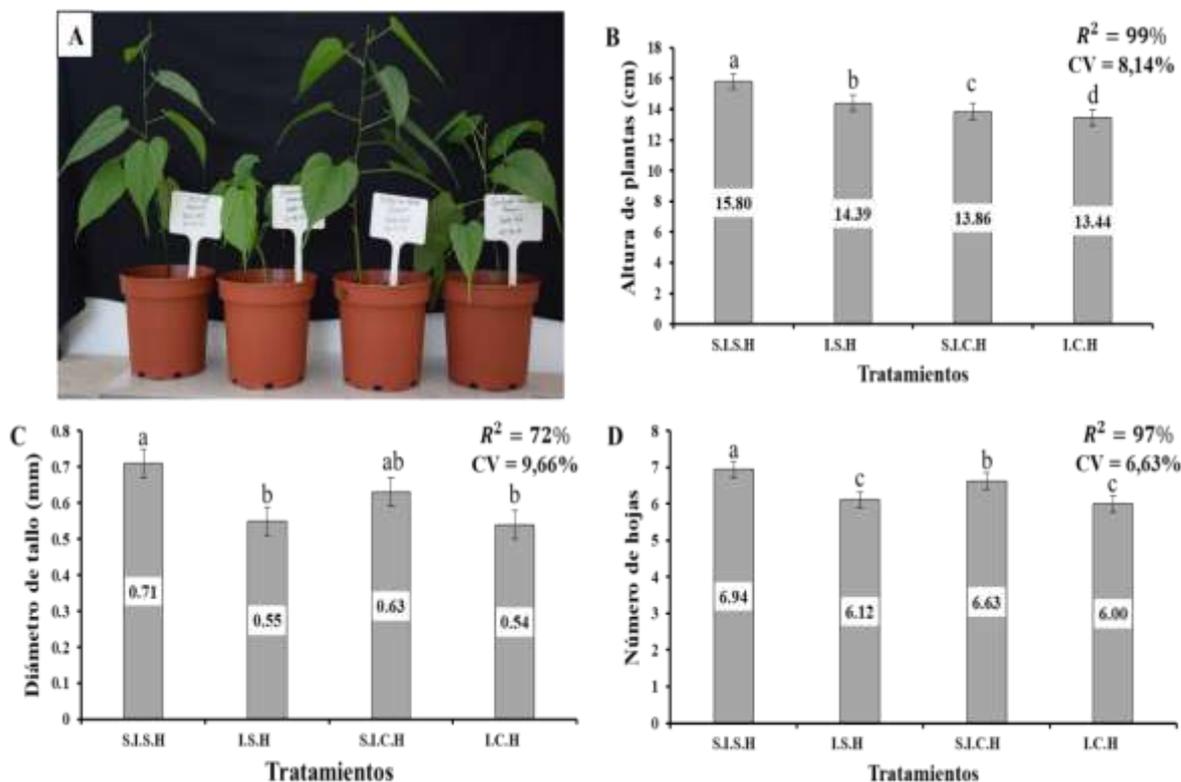


**Figura 19.** Patogenicidad de *Fusarium solani*. A. Plantas de sachá inchi con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recuperans.

**A.** Se logra apreciar las raíces de plantas de sachá inchi infectadas de *Fusarium*, las mismas que presentan necrosis, manchas, pudriciones y poca cantidad de sistema radical, las mismas características descritas por Agrios, 2005. **B.** La figura representa la

tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de sachá inchi, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 27 plantas y el tratamiento TISH fue quien obtuvo el valor más bajo con 1 planta. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium solani*, las macroconidias tienen forma ancha y las microconidias tienen forma oval a elípticas, esta cepa fue testado en el cultivo de sachá inchi. **D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de sachá inchi con síntomas del hongo, estos resultados comprueban la patogenicidad de este hongo hacia el cultivo de sachá inchi.

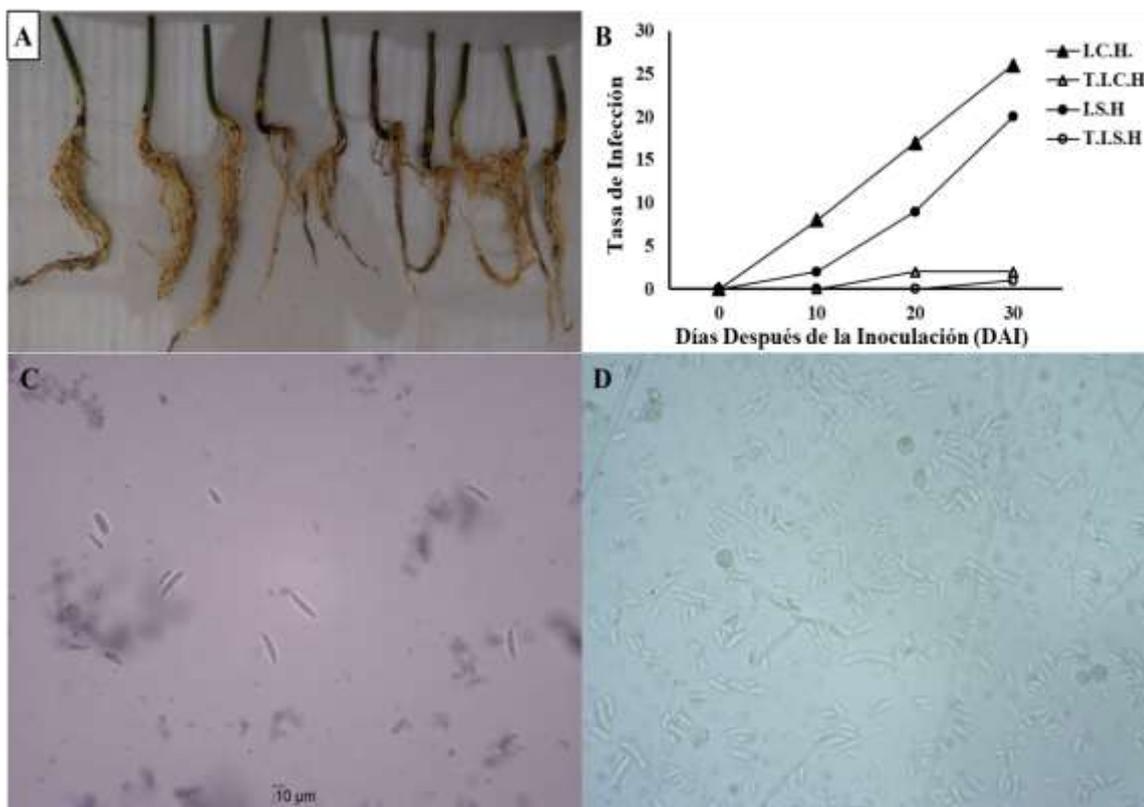
➤ *Fusarium moniliforme* (M33C1)



**Figura 20.** Resultado de la prueba de patogenicidad de la cepa M33C1 en el cultivo de Sachá Inchi. A. Plantas de sachá inchi. B. Altura de plantas. C. Diámetro de tallo. D. Número de hojas.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el cultivo de sachá inchi inoculado con la cepa *Fusarium moniliforme* (A), nos muestran en cuanto a altura de planta un CV de 8.14% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados;

así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento de SISH el que obtuvo el mayor valor con 15.80cm de altura, seguido del tratamiento ISH con 14.39cm, en tanto el tratamiento SICH obtuvo 13.86cm de altura, y finalmente el tratamiento ICH fue quien obtuvo el valor más bajo con 13.44cm de altura, todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí e independiente uno del otro (**B**). En cuanto al diámetro de tallo se tiene un CV de 9.66% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 72%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el mayor valor con 0.71mm y que este a su vez presenta similitud estadística con el tratamiento SICH que obtuvo como valor 0.63mm, en tanto los tratamientos ISH e ICH obtuvieron los valores más bajos con 0.55mm y 0.54mm respectivamente y que a su vez estos tratamientos son estadísticamente iguales entre sí (**C**). En cuanto al número de hojas se tiene un CV de 5.63% lo cual se encuentra en el rango permitido en evaluaciones de vivero según Calzada, 1982; y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 97%, el cual indica que tiene un alto grado de confiabilidad en cuanto a los parámetros evaluados; así mismo la prueba de Tukey nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento SISH el que obtuvo el valor más alto con 6.94, seguido del tratamiento SICH quien obtuvo un valor de 6.63, y los tratamientos ISH e ICH obtuvieron los valores más bajos con 6.12 y 6.00 respectivamente y que estos a su vez son estadísticamente iguales entre sí en relación al número de hojas (**D**).



**Figura 21.** Patogenicidad de *Fusarium moniliforme*. A. Plantas de sachá inchi con sintomatología de *Fusarium*. B. Tasa de infección. C. Conidios de cepa *Fusarium* testada. D. Conidios de cepa *Fusarium* recupera.

**A.** Se logra apreciar las raíces de plantas de sachá inchi infectadas de *Fusarium*, las mismas que presentan necrosis, manchas, pudriciones y poca cantidad de sistema radical, corroborándose lo descrito por Leslie y Summerell, 2006. **B.** La figura representa la tasa de infección causado por *Fusarium* después de ser inoculado en el cultivo de sachá inchi, donde claramente se puede notar la alta mortandad ocasionado por este hongo a este cultivo, el tratamiento ICH fue quien obtuvo la más alta mortandad con 26 plantas y el tratamiento TISH fue quien obtuvo el valor más bajo con 1 planta. **C.** Se observa los conidios de la cepa *Fusarium moniliforme*, las macro y microconidias tienen forma alargada y angostas, esta cepa fue testado en el cultivo de sachá inchi. **D.** Se logra apreciar la presencia de miles de conidios, los cuales fueron recuperados de plantas de sachá inchi con síntomas del hongo, estos resultados comprueban la patogenicidad de este hongo hacia el cultivo de sachá inchi.

### 3.2. Resultados de rango de hospedante de cepas *Fusarium* patogénicas

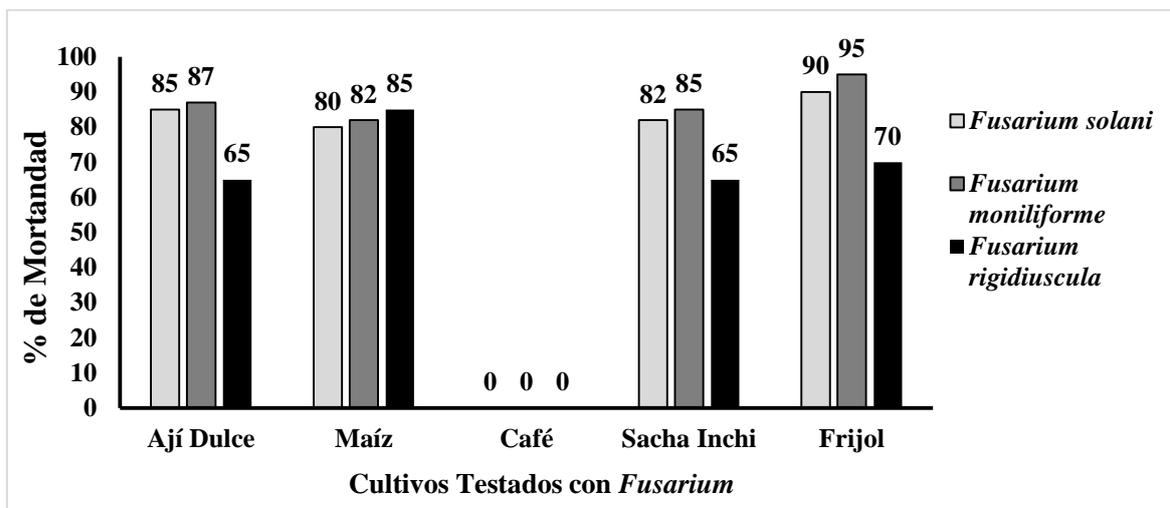


Figura 22. Resultados del rango de hospedante de *Fusarium*.

Dato: para el desarrollo de la figura solo se tubo en consideración los resultados del tratamiento inoculación con herida (I.C.H.) de todos los experimentos evaluados.

En la figura 22 se muestra el rango de hospedante de diferentes cultivos testados con las cepas: *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula*; siendo los cultivos de frijol, ají dulce, sachá inchi y maíz los que presentaron mayor porcentaje de mortandad superior al 75%, causados por *Fusarium moniliforme* y *Fusarium solani*, quedando demostrado que los cultivos mencionados son potenciales hospederos de estos patógenos. Mientras que *Fusarium rigidiuscula* tuvo mayor mortandad en el cultivo de maíz, superior al 75% de mortandad, seguido de frijol, ají dulce y sachá inchi (menores al 75% de mortandad). El único cultivo que no presentó mortandad por ninguna de las tres cepas, fue el cultivo de café, demostrándose así que no es hospedero de las mismas.

El rango de hospedante que se realizó en los cultivos de ají dulce, maíz, sachá inchi y frijol; demostraron la severidad y afinidad patogénica que tienen *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula* sobre estos cultivos.

Para el cultivo de ají dulce se ha identificado a *Fusarium* como uno de los enfermedades más severas de este cultivo y que además reduce significativamente el rendimiento (Martínez *et al.*, 2004). Además, los resultados obtenidos se corroboran con trabajos similares realizados por Clavijo (2014) y Apocada (2004), que mediante una prueba de patogenicidad en este cultivo y utilizando como fuente de inóculo *Fusarium oxysporum*, demostraron la susceptibilidad de este cultivo a este patógeno,

presentando sus primeros síntomas a los cuatro y seis días después de su inoculación, donde observaron amarillamiento, marchitamiento, necrosamiento, defoliación de hojas y enanismo; además en algunos casos observaron crecimiento micelial y/o una coloración marrón en la base del tallo; Herrera *et al.*, (2011), en pruebas similares manifiesta que *Fusarium* provoca: necrosis en el tallo, hojas cloróticas y marchitez, determinando a esta especie como la más virulenta. Chaiyawat *et al.*, (2008), haciendo una inoculación en el tallo con una pequeña herida a dos centímetros por encima del suelo, pudo evidenciar que la enfermedad se presentó a los tres días después de la inoculación, incrementándose la enfermedad con el tiempo.

En el cultivo de maíz se corrobora con los trabajos realizados por Figueroa *et al.*, (2010), quien menciona que de acuerdo a los estudios que realizó encontró seis especies del género *Fusarium* asociadas a las pudriciones del tallo y raíz en maíz en el estado de Guanajuato (México), así mismo Leslie *et al.*, (2005) reportó que *F. subglutinans* y *F. verticillioides* son las especies de hongos más ampliamente distribuidas en todas las áreas maiceras del mundo y son consideradas las de mayor capacidad patogénica. Mientras tanto Mendoza *et al.* (2006) reportó que *F. verticillioides* es capaz de colonizar maíz durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Y otros estudios como los realizados por González *et al.*, (2007) y Oren *et al.*, (2003) reportan a *F. moniliforme* (*F. verticillioides*) como patógeno del cultivo de maíz.

Así mismo; en el cultivo de frijol, Herrera *et al.*, (2011), demostró mediante pruebas de patogenicidad con *F. solani*, el ataque por este patógeno evidenciando síntomas de necrosis en la región de la incisión del tallo a los ocho días después de la inoculación (DDI); y necrosis en todo el tallo, hojas cloróticas, ausencia de turgencia y tonalidades de coloración café de las hojas a los 40 DDI. Martínez *et al.* (2004), al realizar un estudio sobre la patogenicidad de aislamientos de especies de *Fusarium* en 10 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) determinó al grupo de *F. solani* como los hongos más agresivos. Abawi y Pastor-Corrales, (1990); Smith y Dunez, (1992) manifiestan que en plantas infectadas por *Fusarium* observaron pudrición seca por encima de la raíz pivotante y del cuello de la raíz, el tejido se torna rojizo y puede morir. Las hojas inferiores presentan amarillamiento y marchitez, que inicia lateralmente, posteriormente abarca a las demás hojas y se observa defoliación prematura. Mientras que Montiel *et al.* (2004), refiere que *Fusarium solani* está

presente en una gran cantidad de lugares y su fácil adaptabilidad hace que sea un patógeno potencial para el cultivo de frijol.

Robertson (2017), realizó trabajos similares en el cultivo de sacha inchi utilizando como fuente de inóculo a *Fusarium oxysporum*, donde determinó que este hongo es patogénico de este cultivo, cuyos síntomas fueron: manchas necróticas en tallos y raíces, y amarillamiento de hojas, siendo estos síntomas característicos de este género. Así mismo, GTZ (2009), refiere que la pudrición de raíces es ocasionada por un hongo llamado *Fusarium* sp., que se encuentra en el suelo e ingresa a la planta por las heridas formadas en las raíces de esta, ocasionadas por diferentes formas. Los síntomas se manifiestan por un marchitamiento más o menos rápido de las plantas, ocasionado por la presencia y actividades del patógeno en los tejidos vasculares xilémicos de las plantas, no permitiendo el paso de agua y nutrientes a la parte aérea de la planta. Así, se marchita la parte aérea de la planta (síntoma secundario) y se produce su posterior muerte. Por lo que sabemos, este es el primer informe de los daños que ocasionan *F. solani*, *F. moniliforme* y *F. rigidiuscula* a la raíz de la planta y la pudrición basal del tallo del Sacha Inchi en San Martín.

Por último, en el cultivo de Café, no se logró evidenciar los síntomas característicos de ninguno de los patógenos testados el cual nos indique que éste cultivo no sea un hospedante de los mismos. Cornide *et al.*, (1985); Veitía, (1999); Malaguti, (1997) refieren que los resultados obtenidos se debieron a que las plantas pueden presentar una defensa pasiva o preformada (preexistente), si está determinada por propiedades ya existentes antes del intento de infección del patógeno; también denominados factores constitutivos, o una defensa activa o inducida, dinámica, si resulta de estructuras o sustancias producidas como respuesta a la penetración del patógeno, estos argumentos son similares a los descritos por Alvarez, (2000); Arie *et al.*, (2007); Bary *et al.*, (2009). A diferencia de Romero (2012), quien realizó pruebas de patogenicidad con *Fusarium moniliforme* en plántulas de 3, 6 y 12 meses de edad respectivamente, logró evidenciar síntomas a los 27 y 120 días después de la inoculación, tales como, manchas en hojas cotiledonales y en las hojas verdaderas, pudrición de las raíces secundarias, ennegrecimiento y estrangulamiento de la base del tallo, amarillamiento y marchitez de las hojas, las mismas que coinciden con lo descrito por Bolaños *et al.*, (2000) quienes mencionan que cuando las plantas inoculadas tienen más de 6 meses, tardan un tiempo mayor de 3 meses días después de la inoculación en mostrar síntomas, es así que las

plantas mostraron síntomas a los 4 meses días después de la inoculación, iniciando con manchas de color café en hojas verdaderas y posteriormente amarillamiento y marchitez. Estas diferencias con éstos trabajos pueda deberse al tiempo de evaluación establecido por el presente proyecto de Investigación.

## CONCLUSIONES

- De las 10 cepas de *Fusarium* testados en 05 cultivos (Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), Frijol huasca poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), Ají dulce (*Capsicum chinense* L.), Café (*Coffea arabica* L.) y Maíz (*Zea mays* L.)), se comprobó que 8 cepas de *Fusarium* fueron patogénicas de sus propios cultivos, destacando *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula*.
- Se determinó que *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula*, son agentes patogénicos de maíz, frijol, sachá inchi y ají dulce.
- Se encontró que los cultivos de maíz, frijol, sachá inchi y ají dulce; fueron hospedantes de las cepas *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula*, a diferencia del cultivo de café que no presentó sintomatología alguna para las cepas mencionadas.
- Las cepas de *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium rigidiuscula* presentaron similitud sintomatológica en los cultivos de maíz, frijol, sachá inchi y ají dulce siendo característico en hojas el amarillamiento, manchas necróticas, encrespamiento y defoliación, mientras que en tallos y raíces fue característico las malformaciones, necrosamiento y pudrición, conllevando éstos al enanismo y muerte de las plantas.

## RECOMENDACIONES

- Para cortar el ciclo de la enfermedad causado por de *Fusarium* se recomienda no asociar los cultivos de maíz, sachá inchi, frijol y ají dulce, ya que estos cultivos demostraron ser hospederos de este patógeno.
- En campos infestados por *Fusarium*, se recomienda la rotación de cultivos con la finalidad de reducir la proliferación del hongo y mitigar su daño a los cultivos.
- Se recomienda continuar realizando más pruebas de patogenicidad con las demás cepas *Fusarium* identificadas en los cultivos de cacao, culantro, arroz y plátano; para poder así determinar cuál de todas ellas son patogénicas y determinar su rango de ataque (rango de hospedante) sobre otros cultivos.
- Para garantizar la asepsia de las semillas reducir la presencia de agentes patogénicos se recomienda sumergir las semillas en hipoclorito de sodio al 1% (NaClO) por un periodo determinado de 5 a 10 minutos (depende del cultivo), enjuagarlas y luego proceder a la siembra.
- En el cultivo de café se recomienda incrementar el tiempo de evaluación, y para todos los cultivos se recomienda realizar inoculaciones en campo definitivo y en diferentes estados fenológicos de cada cultivo para determinar el comportamiento de la enfermedad según el ciclo de la planta, para así incrementar más investigaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abawi, G. S. y Pastor-Corrales, M. A. 1990. *Root rots of beans in Latin America: Diagnosis, research, methodologies and management strategies*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 114 p.
- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Amsterdam: Quinta Edicion. Elsevier Academic Press. 922.
- Alvarado, A. (2005). *Identificación de cepas patógenas de Fusarium Link. Causantes de nueva patología en el cultivo de calas de colores bajo condiciones productivas de invernadero en Chile*. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Chile. 118 p.
- Alvarez , M. E. (2000). *Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance*. Plant Biotechnology, 24: 135-147.
- Alves Santos, F., Cordeiro Rodrigues, L., Sayagués, J., Martín Domínguez, R., García Benavides, P., Crespo, M., Eslava, A. (2002a). *Pathogenicity and race characterization of Fusarium oxysporum f.sp. phaseoli isolates from Spain and Greece*. Plant Pathol. 51, 605–611.
- Amatulli M.T., Sparado, D., Gullino, M., & Garibaldi, A. (2010). *Molecular identification of Fusarium spp. associated with bakanae disease of rice in Italy and assessment of their pathogenicity*.
- Amazonicas, A. (2016 (<http://www.incainchi.com.pe/inca.htm>)). *El aceite inca inchi*. San Martín. Perú.
- Apocada, S., Zavaleta, M., Osada, K., García, E., Valenzuela, U., & J. G. (2014). *Hospedantes Asintomáticos de Fusarium oxysporum Schlechtend. f. sp. radicylucopersici W.R. Jarvis y Shoemaker en Sinaloa*. . México: Revista Mexicana de Fitopatología. Vol: 22, N° 001. p. 7-13.
- Apodaca, S. (2006). *Enfermedades causadas por Fusarium Oxysporum en el tomate (Lycopersicom esculentum)*. En: *Memoria del curso Enfermedades de Hortalizas*. Fundación Produce Sninaloa. Cluliacán, Sinaloa. México.
- Arbelaez, G. (2000). *Investigación y desarrollo en el control de marchitamiento vascular del clavel en colombia*. Colombia: Ed Harti Tecnic. P. 89-98.

- Arie, T., Takahashi, H., Kodama, M., & Teraoka, T. (2007). *Tomato as a model plant-pathogen interactions*. *Plant Biotechnology*, 24: 135-147.
- Bary, R., & Jones, J. (2009). *Role of plant hormones in plant defense responses*. *Plant Molecular Biology*, 69: 473-488.
- Beckman, C. (1987). *The nature of wilt diseases of plant*. *American Phytopathological Society*. St. Paul, Minnesota. 175 p.
- Benadof, F. (2010). *Fusarium species*. *Revistas Chilena de infectología*. Provincia Santiago de Chile 27(4): 327-328.
- Bolaños, W., López, F., & Velásquez, B. (2000). *Caracterización del Hongo Fusarium spp en la zona cafetalera Occidental de El Salvador*. Tesis. Ing. Agr. San Salvador. El Salvador: Universidad de El Salvador. 77pp.
- Booth, C. (1975). *The Present Status of Fusarium Taxonomy*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 13, 83-93.
- Calle, B. (2005). *Caracterización morfológica y molecular de hongos fitopatógenos de suelo e identificación de bacterias foliares en el cultivo de cebolla*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. 127 p.
- Calzada, B. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. Lima. 644 pp.
- Camacho, R., & Gil, J. (2008). *Evaluación preliminar de modelos de infección cruzada por Fusarium sp., aislados de procesos patológicos en plantas, animales y humanos*. Tesis de Licenciatura en Microbiólogo Agrícola y Veterinario, Microbiología Industrial. Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. Bogotá D.C. 184 p.
- Campos A., J. (1991). *Enfermedades del frijol*. Trillas. México. p. 154-167.
- Cantu Rodriguez, J. (1998). *Distribucion de cepas de Fusarium moniliforme productoras de Fumonisina B1 en maiz cultivado en el estado de Nuevo Leon*. Nuevo León, México.
- Carrillo, F., Montoya, T., García, R., Cruz, J., Márquez, I., & Sañudo, A. (2003). *Razas de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Snyder y Hansen, en Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(2): 123-127.

- Casteño Zapata, J. (1989). *Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nemátodos en frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Fitopatología Colombiana. Vol. 13 (1): 9-19.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, C. (1987). *Standard system for the evaluation of bean germplasm*. Van Schoonoven, A. and Pastor-Corrales, M. A. (compilers). Cali, Colombia. 54 pp.
- Clavijo Castro, S. D. (2014). *Búsqueda de resistencia a la pudrición causada por Fusarium spp. en Capsicum*. Colombia.
- Collet, D. (1991). *Modelling Binary Data*. UK, London: Chapman and Hall.
- Cornide María Teresa; H. Lima; G. Gálvez y A. Sigarroa. (1985). *Mecanismos de resistencia a las enfermedades*. En: Genética vegetal y Fitomejoramiento. Ciudad de la Habana: Editorial Científico Técnica. p. 400 - 414p.
- Danielsen, S., Meyer, U., & Funck Jensen, D. (1998). *Genetic characteristics of Fusarium verticillioides isolates from maize in Costa Rica*.
- Desjardins, A., Plattner, R., Nelsen, T., & Leslie, J. (1995). *Genetic analysis of fumonisin production and virulence of Gibberella fujikuroi mating population A (Fusarium moniliforme) on maize (Zea mays L.) seedlings*. Applied and Environmental Microbiology 61, 79–86.
- Díaz de Castro, F., Restrepo, M., & Rojas, W. (2007). *Microbiología de las infecciones humanas*. Medellín. Colombia. Primera Edición. Corporación para Investigaciones Biológicas. .
- DRASAM. (2008). *Plan sectorial regional Agrario*. San Martín, Perú.
- DRASAM. (2016). *Diagnóstico de la cadena de valor del cultivo de arroz y maíz*. San Martín, Perú.
- Echevarría, A., Durante, A.G., Arechavala, A., Negroni, R. (2002). *Estudio comparativo de dos medios de cultivo para la detección de la actividad fosfolipasa en cepas de Candida albicans y Cryptococcus neoformans*. Revista Iberoamericana de Micología. 19: 95 - 98.

- Figuroa Rivera, M., Rodríguez Guerra, R., Guerrero Aguilar, B., González Chavira, M., Pons Hernández, J., & Inifap. (2010). *Caracterización de Especies de Fusarium Asociadas a la Pudrición de Raíz de Maíz en Guanajuato, México*. México.
- French, E., & Hebert, T. (1982). *Métodos de Investigación Fitopatológica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 289 p.
- Garcés, De, G., Orozco, M., Rocio, G., & Valencia, H. (2001). *Fusarium oxysporum el hongo que nos falta conocer*. Acta Biológica Colombiana 6(1): 8-25.
- González, F., Walls, S., & Mancilla, M. (2005). *Detección mediante PCR-RFLP de Fusarium oxysporum f. sp. fragariae Agente causal de fusariosis en frutilla*. Boletín Micológico 20: 63-72.
- González, H., Vásquez, G., Sahagún, C., Rodríguez, P., & Pérez, L. (2007). *Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca*. Agricultura Técnica en México 33: 33-42.
- Groenewald, S. (2006). *Biology, pathogenicity and diversity of Fusarium oxysporum f.sp.cubense*. Trabajo de grado de Maestría. Universidad of Pretoria. Pretoria. Sudáfrica.
- GTZ. (2009). Cooperación Alemana al Desarrollo. *Manual de producción de sachá inchi para el biocomercio y la agroforestería sostenible*. 1ra Edición Lima – Perú.
- Hernández, O. (2010). *Detención y caracterización del agente causal del tizón foliar en Teca (Tectona grandis L. F.) en Huimanguillo, Tabasco*. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. México. 63 p.
- Herrera Parra, E., Bacad Pérez, I., Cristóbal Alejo, J., Tun Suárez, J., & Ruíz Sánchez, E. (2011). *Patogenicidad de Fusarium solani (MART.) Sacc. y Alternaria alternata (FRIES) Keissler en Thevetia peruviana (PERS.) y su control in vitro*. Mocochá, Yucatán, México, C. P. 97454.
- INEI. (2008). <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Iquitos/san-martin-caracterizacion.pdf>. San Martín, Perú.
- Infoagro. (2002). *El cultivo del pimiento*. Madrid, España.
- Koch, R. (1877). *Postulado de Koch*.

- Leslie, J., y Summerell, B. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Australian. 300 p.: First Edition. Blackwell Publishing.
- Leslie, J., Zeller, K., Lamprecht, S., Rheeder, J., & Maracas, W. (2005). *Toxicity, pathogenicity, and genetic differentiation of five species of Fusarium from Sorghum and Millet*. *Phytopathology* 95: 275-283.
- Linneo, C. v. (1735). *Sistema natural*. Ámsterdam, Paices Bajos.
- Llácer , G., López, M., Trapero, A., & Bello, A. (2000). *Patología Vegetal*. Madrid España: Segunda Edición. Phytoma-Sociedad Española de Fitopatología-Grupo Mundi-Prensa.
- Malaguti Gino. (1997). *Apuntes acerca de las enfermedades de plantas, causa y control*. Venezuela: Universidad central de Venezuela, p. 2
- Martínez, G., Hernández, D., Padilla, R., & Nayek, P. (2004). «*Diversidad patogénica y genética de aislamientos de Fusarium de Aguascalientes, México*». *México: Revista Mexicana de Fitopatología*, 22 (3): 321-327.
- Mendoza, E., Andrio, E., López, B., Rodríguez, G., Latoumerie, M., & Rodríguez, H. (2006). *Tasa de infección de la pudrición del tallo en maíz causada por Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana* 17: 19-24.
- Minagri. (2010). *Potencialidades productivas*. Lima, Perú.
- Minagri. (2016). *San Martín: Resultados 2011 - 2016 cosechando desarrollo en el campo*.
- Montiel Gonzáles, L., Gonzáles Flores, F., Sánchez García, B., Guzmán Rivera, S., Gámes Vásquez, F., Acosta Gallegos, J., & Rodríguez Guerra, R. (2004). *Especies de Fusarium Presentes en Raíces de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) con Daños de Pudrición, en Cinco Estados del Centro de México*. México.
- Monzón, A., & Rodríguez, T. (2003). *Infecciones causadas por el género Fusarium spp*. *Centro Nacional de Microbiología*. Disponible en línea: [http://www.seimc.org/control/revi\\_mico/pdf/fusarium.pdf](http://www.seimc.org/control/revi_mico/pdf/fusarium.pdf). (Consultado Septiembre 26 de 2010).
- Mora, C. (2001). *Control biológico de la pudrición radicular por Fusarium oxysporum en semilleros de café usando endomicorriza y Trichoderma harzianum*. *Tesis de Licenciatura carrera de ciencia y producción agropecuaria. amorano Honduras*. 30 p.

- Mori, E. (2016). *Enfermedades fungosas en semillas de Phaseolus vulgaris L., ecotipos huasca poroto, allpa y pajatino en San Marín.*
- Ochoa, J. (1996). *Control biológico del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por Fusarium oxysporum. f. sp. dianthi. Mediante el uso de los microorganismos potencialmente antagonistas Pseudomonas fuorences, Streptomyces coelicolor y Trichoderma hamatum.* Trabajo de grado (biológico) Universidad Javeriana.: Facultad de ciencias. Carrera biología.
- Oren, L., Ezrati, S., Cohen, D. & Sharon, A. (2003). *Early events in the Fusarium verticillioides maize interaction characterized by using green fluorescent protein-expressing transgenic isolate.* *Appl. Environ. Microbiol.* **69**, 1695-1701.
- Ortoneda, M., Guarro, J., Madrid, M., Caracuel, Z., Roncero, M.I., Mayayo, E., Di Prieto, A. (2004). *Fusarium oxysporum as a multihost model for genetic dissection of fungal virulence in plants and mammals.* *Infection and Immunity.* **72**: 1760 - 1766.
- Palmero, L. (2008). *Biogeografía y patología del género Fusarium en ambientes salinos y semiáridos del litoral Mediterráneo de España.* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 201 p.
- Pavone, D. (2016). *Biocontrol de Fusarium sp. por Trichoderma spp. en Theobroma cacao L en condiciones in vitro y vivero.* Nicaragua.
- Perúbioinnova. (2016). *Análisis de la cadena de valor del sacha inchi en la región San Martín al 2016.* Lima: SECO / PDRS-GIZ / MINCETUR / PROMPERÚ / MINAM.
- Pirgozliev, S., Edwards, S., Hare, M., & Jenkinson, P. (2003). *Strategies for the control of Fusarium head blight.* *European Journal of Plant Pathology*, **109**: 731-742.
- Ramos, B., Alves Santos, F., García Sánchez, M., Rodrigues, N., Eslava, A., & Díaz, J. (2007). *The gene coding for a new transcription factor (ftf1) of Fusarium oxysporum is only expressed during infection of common bean.*
- Robertson, A. (2017). *First Report of Root and Basal Stem Rot in Sacha Inchi (Plukenetia volubilis) Caused by Fusarium oxysporum in China.* *China : The American Phytopathological Society.* Cito en línea: <https://www.researchgate.net/publication/319389496>

- Romero Solís, K. (2012). *“Caracterización Morfológica de Fusarium moniliforme causante de “La Marchitez vascular” y su sintomatología en diferentes estados de desarrollo del café en Santa Ana, El Salvador”*. El Salvador.
- Sandoval del Aguila, R. (2008). *Identificación y control in vitro de enfermedades fungosas en semillas de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis) en San Martín*. Tarapoto.
- Saucedo Gonzáles, M., Santos Florentino, D., Claudio Vite, C., Quiriño Hernández, S., & Silva Martínez, K. (2014). *Agronomic characterization and productivity of tomato cultivation in protected areas of the humid subtropics of northern Veracruz, México*.
- Serani, S., Taligoola, H., & Hakiza, G. (2006). *An investigation into Fusarium spp. associated with coffee and banana plants as potential pathogens of robusta coffee*.
- Schwartz, H. F. y Gálvez, G. E. 1980. *Problemas de producción de frijol*. CIAT. Cali, Colombia. p. 67-77.
- Smith, I. M. y Dunez, J. 1992. *Manual de enfermedades de las plantas*. Mundi-prensa-Madrid, España. p. 30-31, 328-337.
- Veitía Rubio Marlene. (1999). *Mecanismos de resistencia de las plantas al ataque de patógenos*. En: Trabajo del curso postgrado de Fitopatología. Ciudad de la Habana: UNAH, 7p.
- Waller, J., & Holdenness, M. (1997). *Fusarium Diseases on Coffee*. International Mycological Institute, Surrey, UK.
- Woo, S., Zoina, A., Del Sorbo, G., Lorito, M., Nanni, B., Scala, F., & Noviello, C. (1996). *Characterization of Fusarium oxysporum f.sp. phaseoli by pathogenic races, VCGs, RFLPs, and RAPD*. Phytopathology thology.
- Zapata, B. (1992). *El pimiento para pimentón*. Edicion Mundial Prensa Madrid - España.

## ANEXOS

## Resultados de pruebas ANVA para pruebas de patogenicidad

Cultivo de Ají Dulce (*Capsicum chinense* L.)A. *Fusarium moniliforme* (M12C1)

## ➤ Altura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
TRATAMIENTOS	0.36	3	1.20E-01	5482.15	<0.0001	**
REPETICIONES	2.20E-04	4	5.50E-05	2.54	0.0947	
Error	2.60E-04	12	2.20E-05			
Total	0.36	19				

\*\* = Altamente significativo

$R^2 = 98\%$   $CV = 5.29\%$   $X = 8.125$

## ➤ Diámetro

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
TRATAMIENTOS	0.11	3	4.00E-02	34.8	<0.0001	*
REPETICIONES	0.01	4	1.60E-03	1.51	0.2598	
Error	0.01	12	1.00E-03			
Total	0.13	19				

\* = Significativo

$R^2 = 90\%$   $CV = 4.91\%$   $X = 0.6575$

## ➤ N° de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
TRATAMIENTOS	0.05	3.00	0.02	75.24	<0.0001	**
REPETICIONES	0.00	4.00	1.70E-04	0.7	0.6094	
Error	2.90E-03	12	2.40E-04			
Total	0.06	19				

\*\* = Altamente significativo

$R^2 = 95\%$   $CV = 6.49\%$   $X = 10.0025$

**B. *Fusarium solani* (M28C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.04	3	1.00E-02	192.96	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	2.80E-04	4	7.00E-05	0.91	0.4874	
<b>Error</b>	9.20E-04	12	7.70E-05			
<b>Total</b>	0.05	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 98% CV = 4.34% X = 6.5525

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.03	3	1.00E-02	41.81	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	4.30E-04	4	1.10E-04	0.49	0.7455	
<b>Error</b>	2.70E-03	12	2.20E-04			
<b>Total</b>	0.03	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 91% CV = 3.67% X = 0.7925

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.01	3.00	2.10E-03	18.89	0.0001	*
<b>REPETICIONES</b>	3.30E-04	4	8.30E-05	0.73	0.5866	
<b>Error</b>	1.40E-03	12	1.10E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

\* = Significativo

R<sup>2</sup> = 83% CV = 7.34% X = 9.9125

**Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.)****C. *Fusarium solani* (M38C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2.00E-03	3	6.60E-04	2.32	0.1267	
<b>REPETICIONES</b>	2.70E-03	4	6.80E-04	2.4	0.1078	
<b>Error</b>	3.40E-03	12	2.80E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

= NO significativo

 $R^2 = 68\%$   $CV = 7.84\%$   $X = 3.9975$ 

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2.00E-03	3	6.70E-04	2.06	0.1597	
<b>REPETICIONES</b>	2.20E-03	4	5.60E-04	1.7	0.2139	
<b>Error</b>	3.90E-03	12	3.30E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

= NO significativo

 $R^2 = 68\%$   $CV = 7.16\%$   $X = 0.2300$ 

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	1.60E-03	3	5.40E-04	1.19	0.3535	
<b>REPETICIONES</b>	4.70E-04	4	1.20E-04	0.26	0.8976	
<b>Error</b>	0.01	12	4.50E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

= NO significativo

 $R^2 = 82\%$   $CV = 3.35\%$   $X = 1.7175$

**D. *Fusarium solani* (M39C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	1.70E-04	3	5.80E-05	1.08	0.3957	
<b>REPETICIONES</b>	7.00E-05	4	1.80E-05	0.32	0.8572	
<b>Error</b>	6.50E-04	12	5.40E-05			
<b>Total</b>	8.90E-04	19				

= NO significativo

 $R^2 = 67\%$   $CV = 5.62\%$   $X = 4.715$ 

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2.30E-03	3	7.50E-04	1.15	0.3702	
<b>REPETICIONES</b>	2.30E-03	4	5.80E-04	0.89	0.5002	
<b>Error</b>	0.01	12	6.60E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

= NO significativo

 $R^2 = 72\%$   $CV = 4.99\%$   $X = 0.265$ 

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	7.80E-04	3	2.60E-04	1.48	0.2706	
<b>REPETICIONES</b>	1.20E-03	4	3.10E-04	1.74	0.2053	
<b>Error</b>	2.10E-03	12	1.80E-04			
<b>Total</b>	4.10E-03	19				

= NO significativo

 $R^2 = 57\%$   $CV = 1.92\%$   $X = 1.6625$

**Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**E. *Fusarium moniliforme* (M36C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	5.80	3.00	1.93	2008.52	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	0.01	4	1.40E-03	1.48	0.2677	
<b>Error</b>	0.01	12	9.60E-04			
<b>Total</b>	5.82	19				

\*\* = Altamente significativo

$R^2 = 99\%$   $CV = 5.49\%$   $X = 40.105$

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.14	3.00	0.05	63.36	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	2.70E-03	4	6.70E-04	0.93	0.4807	
<b>Error</b>	0.01	12	7.20E-04			
<b>Total</b>	0.15	19				

\*\* = Altamente significativo

$R^2 = 94\%$   $CV = 6.43\%$   $X = 0.77$

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.13	3.00	0.04	7.01	0.0056	*
<b>REPETICIONES</b>	0.03	4	0.01	1.24	0.3455	
<b>Error</b>	0.08	12	0.01			
<b>Total</b>	0.24	19				

\* = Significativo

$R^2 = 70\%$   $CV = 6.99\%$   $X = 5.155$

**F. *Fusarium moniliforme* (M37C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.08	3.00	0.03	29.51	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	4.10E-03	4	1.00E-03	1.16	0.3762	
<b>Error</b>	0.01	12	8.80E-04			
<b>Total</b>	0.09	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 89% CV = 8.44% X = 46.365

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	3.40E-03	3	1.10E-03	7.51	0.0043	*
<b>REPETICIONES</b>	7.70E-04	4	1.90E-04	1.29	0.3278	
<b>Error</b>	1.80E-03	12	1.50E-04			
<b>Total</b>	0.01	19				

\* = Significativo

R<sup>2</sup> = 76% CV = 2.83% X = 0.56

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.03	3.00	0.01	14.56	0.0003	*
<b>REPETICIONES</b>	1.50E-03	4	3.70E-04	0.59	0.674	
<b>Error</b>	0.01	12	6.20E-04			
<b>Total</b>	0.04	19				

\* = Significativo

R<sup>2</sup> = 79% CV = 2.28% X = 5.0275

**Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)**

**G. *Fusarium rigidiuscula* (M14C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.42	3.00	0.14	681.54	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	1.80E-03	4	4.60E-04	2.2	0.1299	
<b>Error</b>	2.50E-03	12	2.10E-04			
<b>Total</b>	0.43	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 99\%$   $CV = 8.59\%$   $X = 5.9325$

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.23	3.00	0.08	290.78	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	4.20E-03	4	1.10E-03	4.03	0.0268	
<b>Error</b>	3.10E-03	12	2.60E-04			
<b>Total</b>	0.24	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 99\%$   $CV = 2.46\%$   $X = 1.435$

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.74	3.00	0.25	170.03	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	0.01	4	2.10E-03	1.46	0.2745	
<b>Error</b>	0.02	12	1.40E-03			
<b>Total</b>	0.76	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 98\%$   $CV = 4.47\%$   $X = 2.1575$

**H. *Fusarium solani* (M31C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.13	3.00	0.04	262.9	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	6.70E-04	4	1.70E-04	1.02	0.4356	
<b>Error</b>	2.00E-03	12	1.60E-04			
<b>Total</b>	0.13	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 99% CV = 5.51% X = 6.26

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.15	3.00	0.05	69.08	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	4.70E-03	4	1.20E-03	1.65	0.2262	
<b>Error</b>	0.01	12	7.20E-04			
<b>Total</b>	0.16	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 95% CV = 4.01% X = 1.655

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.06	3.00	0.02	98.05	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	2.20E-03	4	5.40E-04	2.82	0.0735	
<b>Error</b>	2.30E-03	12	1.90E-04			
<b>Total</b>	0.06	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 96% CV = 6.85% X = 2.6675

**Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

**I. *Fusarium solani* (M32C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.66	3.00	0.22	1405.42	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	4.30E-04	4	1.10E-04	0.68	0.6174	
<b>Error</b>	1.90E-03	12	1.60E-04			
<b>Total</b>	0.67	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 98\%$   $CV = 7.61\%$   $X = 14.0075$

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.06	3.00	0.02	112.11	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	2.00E-05	4	5.00E-06	0.03	0.998	
<b>Error</b>	2.00E-03	12	1.70E-04			
<b>Total</b>	0.06	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 97\%$   $CV = 3.46\%$   $X = 0.685$

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.43	3.00	0.14	1044.16	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	7.70E-04	4	1.90E-04	1.42	0.2871	
<b>Error</b>	1.60E-03	12	1.40E-04			
<b>Total</b>	0.43	19				

**\*\* = Altamente significativo**

$R^2 = 98\%$   $CV = 9.46\%$   $X = 6.5025$

**J. *Fusarium moniliforme* (M33C1)**

- Altura

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.27	3.00	0.09	2950.44	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	2.80E-04	4	7.00E-05	2.33	0.1148	
<b>Error</b>	3.60E-04	12	3.00E-05			
<b>Total</b>	2.70E-01	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 99% CV = 8.14% X = 14.3725

- Diámetro

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.04	3.00	0.01	8.98	0.0022	*
<b>REPETICIONES</b>	0.01	4	1.30E-03	0.96	0.4632	
<b>Error</b>	0.02	12	1.30E-03			
<b>Total</b>	0.06	19				

\* = Significativo

R<sup>2</sup> = 72% CV = 9.66% X = 0.6075

- N° de hojas

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.11	3.00	0.04	150.79	<0.0001	**
<b>REPETICIONES</b>	9.50E-04	4	2.40E-04	0.93	0.4766	
<b>Error</b>	3.10E-03	12	2.50E-04			
<b>Total</b>	0.12	19				

\*\* = Altamente significativo

R<sup>2</sup> = 97% CV = 5.63% X = 6.4225