

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



**CONTROL BIOLÓGICO (*Trichoderma spp.*) Y QUÍMICO DE  
ROYA AMARILLA (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) DEL CAFETO  
(*Coffea arabica* L.) EN LA PROVINCIA DE SANDIA - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ELVA SONIA CHAMBE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2020**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CONTROL BIOLÓGICO (*Trichoderma* spp.) Y QUÍMICO DE ROYA AMARILLA

(*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.) EN LA

PROVINCIA DE SANDIA - PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

ELVA SONIA CHAMBE MAMANI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

  
D.Sc. LUIS ALFREDO PALAO ITURREGUI

PRIMER MIEMBRO

:

  
Dr. PABLO ANTONIO BELTRAN BARRIGA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. ALFREDO LUDWIG LOZA DEL CARPIO

DIRECTOR / ASESOR

:

  
D.SC. SILVERIO APAZA APAZA

ÁREA : Ciencias Agrícolas

TEMA : Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Cultivos Andinos, Tropicales  
Forestales y Pasturas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 DE ENERO DEL 2020

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso que me dio fuerzas  
para seguir adelante, ayudándome a superar  
barreras y dándome la felicidad para vivir  
siempre con alegría.

Con profundo cariño y amor a mis  
padres: Juan Chambe y Tomasa Mamani  
en honor a su apoyo y consejos, por  
haberme apoyado a cumplir una de mis  
metas y haber estado siempre  
alentándome en todo momento a formar  
mi vida profesional.

Con mucho cariño y amor a mis hermanos  
Ander, Edwin, Sabina, Javier (desde donde  
se encuentre) por su apoyo incondicional  
durante mis estudios en la Universidad.

A mis primos, y familiares quienes me  
alentaron para poder culminar mis  
estudios.

A Vidal Collanqui quien me brindó su  
amor, cariño, comprensión y apoyo.

A mis amigos, a quienes les tengo el  
mejor aprecio, ellos hicieron factible esta  
investigación".

### AGRADECIMIENTO

- A dios por sus bendecimos diarias en cada momento, darme salud y vida cada día y por guiarme en cada paso, de mi vida.
- A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por la formación integral a lo largo de toda mi formación profesional. A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, quienes me brindaron sus sabias enseñanzas durante mi formación profesional.
- Al Dr. Silverio Apaza Apaza, por sus valiosos consejos, orientación, y asesoramiento en el presente trabajo de investigación.
- A la Ing. Nora Ortiz Calcina por el apoyo y sus conocimientos que me brindo durante el desarrollo de mi investigación.
- A la Dr. Betzabe León Ttacca, quien con su conocimiento, enseñanza y motivación me oriento durante el desarrollo de este trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado D.Sc. Luis Alfredo Palao Iturregui, Dr. Pablo Antonio Beltran Barriga y M.Sc. Alfredo Ludwig Loza del Carpio, quienes con su aporte y enseñanza dieron valiosos conocimientos en el trabajo de investigación
- A todas las personas y amigos que de una u otra manera contribuyeron en la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE	PAG
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. Objetivo general .....	15
1.1.2. Objetivo específicos .....	15
1.2. ANTECEDENTES .....	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	18
2.1. CULTIVO DE CAFÉ .....	18
2.1.1. Características del cultivo de café .....	18
2.1.2. Clasificación taxonómica del café .....	18
2.1.3. Variedad caturra .....	19
2.1.4. Descripción botánica.....	19
2.1.5. Ciclo fisiológico del cultivo de café.....	20
2.2. ENFERMEDAD.....	21
2.2.1. Incidencia .....	21
2.2.2. Severidad.....	21
2.2.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).....	21
2.3. ROYA DEL CAFÉ ( <i>Hemileia vastratrix</i> Ber. & Br.).....	22
2.3.1. Clasificación taxonomía de la roya amarilla del cafeto .....	22
2.3.2. Importancia de la enfermedad .....	23
2.3.3. Morfología de la roya del café .....	23
2.3.4. Ciclo biológico de la roya del café.....	23
2.3.5. Fases del ataque de la roya.....	25
2.3.6. Sintomatología de la enfermedad.....	26
2.3.7. Epidemiología de la roya del cafeto.....	26

2.3.8.	Sobrevivencia de la roya del café.....	27
2.3.9.	Multiplificación .....	27
2.3.10.	Patógeno .....	27
2.3.11.	Factores del ambiente .....	28
2.4.	TRICHODERMA SPP .....	29
2.4.1.	Taxonomía.....	30
2.4.2.	Caracterización.....	30
2.4.3.	Mecanismos de Acción .....	30
2.4.4.	Modo de acción de <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai).....	32
2.4.5.	Modo de acción de <i>Trichoderme viride</i> .....	33
2.5.	CONTROL QUÍMICO .....	34
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO .....	36
3.1.1.	Ubicación política .....	36
3.1.2.	Ubicación geográfica .....	36
3.2.	ANÁLISIS DEL SUELO EXPERIMENTAL .....	36
3.3.	PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.....	37
3.4.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	38
3.5.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....	38
3.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	39
3.7.	TRATAMIENTOS DE ESTUDIO.....	39
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
3.9.	MATERIALES .....	41
3.9.1.	Material vegetal.....	41
3.9.2.	Cepas <i>Trichoderma</i> spp.....	41
3.9.3.	Producto químico .....	41
3.10.	METODOLOGÍA.....	42

3.10.1.	Fase laboratorio .....	42
3.10.2.	Fase de campo .....	44
3.11.	VARIABLES DE RESPUESTAS.....	45
3.11.1.	Incidencia de la roya amarilla.....	45
3.11.2.	Severidad de la roya amarilla. ....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	EFFECTO DEL <i>TRICHODERMA</i> SPP. (CEPAS NATIVAS Y COMERCIALES) E HIDRÓXIDO DE COBRE SOBRE LA INCIDENCIA DE LA ROYA AMARILLA ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.).....	48
4.1.1.	Porcentajes de incidencia de la roya amarilla antes de la aplicación. ...	48
4.1.2.	Porcentaje de incidencia de roya amarilla después de la primera aplicación .....	50
4.1.3.	Porcentaje de incidencia después de la tercera aplicación. ....	51
4.1.4.	Porcentaje de incidencia de roya amarilla en la quinta aplicación.....	53
4.2.	DETERMINAR EL EFECTO DEL <i>TRICHODERMA</i> SPP. (CEPAS NATIVAS Y COMERCIALES) E HIDRÓXIDO DE COBRE SOBRE LA SEVERIDAD Y AUDPC EN ROYA AMARILLA ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br) DEL CAFETO. ....	57
4.2.1.	Porcentaje de severidad de la roya amarilla antes de la aplicación.....	57
4.2.2.	Porcentaje de severidad después de la primera aplicación.....	58
4.2.3.	Porcentaje de severidad después de la tercera aplicación. ....	60
4.2.4.	Porcentaje de severidad después de la quinta aplicación. ....	62
4.2.5.	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).....	67
V.	CONCLUSIONES .....	70
VI.	RECOMENDACIONES .....	71
VII.	REFERENCIAS .....	72
	ANEXOS .....	78

ÍNDICE DE FIGURAS	PAG
<b>Figura 1.</b> Ciclo biológico de la roya del café.....	25
<b>Figura 2.</b> Fases de desarrollo por ( <i>H. vastatrix</i> ) en su hospedante .....	26
<b>Figura 3.</b> Croquis de unidad experimental.....	39
<b>Figura 4.</b> Croquis del experimento. ....	39
<b>Figura 5.</b> Producción de <i>Trichoderma</i> spp .....	43
<b>Figura 6.</b> Conteo de conidias de <i>Trichoderma</i> spp. ....	44
<b>Figura 7.</b> Grado de Calificación de la Roya Amarilla del cafeto SENASA (2003). .....	46
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de incidencia de la roya amarilla antes de la primera aplicación. 48	
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de incidencia de roya amarilla después de la primera aplicación. 50	
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de incidencia después de la tercera aplicación .....	52
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de incidencia después de la quinta aplicación. ....	54
<b>Figura 12.</b> Curva de comparaciones entre los tratamientos y el testigo. ....	55
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de severidad de roya amarilla antes de la primera aplicación. ..	57
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de severidad después de la primera aplicación.....	59
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de severidad después de la tercera aplicación .....	61
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de severidad de roya amarilla después de la quinta aplicación. .	63
<b>Figura 17.</b> Comparaciones entre los tratamientos y el testigo en severidad. ....	65
<b>Figura 18.</b> Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la roya amarilla. ....	68
<b>Figura 19.</b> Demarcación de campo con sus respectivas etiquetas. ....	78
<b>Figura 20.</b> Realizando evaluaciones en campo experimental. ....	78
<b>Figura 21.</b> Preparación de <i>Trichoderma</i> spp. para le aplicación. ....	79
<b>Figura 22.</b> Aplicación de los tratamientos. ....	79
<b>Figura 23.</b> Evaluaciones realizadas en campo .....	80



ÍNDICE DE TABLAS	PAG
<b>Tabla 1.</b> Análisis físico – químico del suelo experimental .....	37
<b>Tabla 2.</b> Datos meteorológicos en los meses de marzo y abril 2019 .....	37
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos empleados para control de la roya amarilla a una concentración de esporas $1 \times 10^7$ ufc/ml para cepas comerciales y nativas.....	40
<b>Tabla 4.</b> Esquema del análisis de varianza (ANVA) .....	40
<b>Tabla 5.</b> Procedencia de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Características del fungicida .....	42
<b>Tabla 7.</b> Escala de severidad para la roya amarilla .....	46
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza de incidencia de roya amarilla antes de la aplicación ....	48
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para incidencia de roya amarilla después de la primera aplicación .....	50
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la tercera aplicación .....	51
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Duncan para determinar la incidencia de la roya amarilla del cafeto.....	52
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la quinta aplicación .....	53
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Duncan para determinar la incidencia de la roya amarilla del cafeto después de la quinta aplicación .....	54
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla antes de la primera aplicación .....	57
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla después de la primera aplicación .....	58
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla después tercera aplicación. ....	60
<b>Tabla 17.</b> Prueba comparación media de Duncan de severidad de la roya amarilla de café después de la tercera aplicación .....	61
<b>Tabla 18.</b> ANVA severidad la de roya amarilla después quinta aplicación.....	62
<b>Tabla 19.</b> Prueba de comparación Duncan de severidad de roya del cafeto después de la quinta aplicación .....	63
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la severidad de la roya amarilla del cafeto .....	67
<b>Tabla 21.</b> Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en cinco evaluaciones de severidad .....	68

<b>Tabla 22.</b> Datos evaluados de incidencia de la planta de café en el sector de Alto Pauji, distrito de San Pedro de Putina Punco .....	80
<b>Tabla 23.</b> Datos evaluados de severidad Promediados de la evaluación de cada evaluación. ....	83
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza de incidencia antes dela primera aplicación .....	85
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la primera aplicación.....	85
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la segunda aplicación. ....	85
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la tercera aplicación .....	86
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la cuarta aplicación .....	86
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza de incidencia después de la quinta aplicación .....	86
<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza de severidad antes de la primera aplicación .....	86
<b>Tabla 31.</b> Análisis de varianza de severidad después dela primera aplicación.....	86
<b>Tabla 32.</b> Análisis de varianza de severidad después de la segunda aplicación .....	87
<b>Tabla 33.</b> Análisis de varianza de severidad después de la tercera aplicación .....	87
<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza de severidad después de la cuarta aplicación .....	87
<b>Tabla 35.</b> Análisis de varianza de severidad después de la quinta aplicación .....	87

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AUDPC	: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad.
°C	: centígrado
µm	: Micras.
mm	: milimetro
ml	: mililitro
g	: gramos
i.a	: ingrediente activo
DBCA	: Diseño de Bloques Completos al Azar
ANVA	: análisis de varianza
ns	: no significativo
*	: Significativo
**	: Altamente significativo
$\bar{X}$	: Media

## RESUMEN

La roya amarilla del cafeto es la enfermedad más importante, que ataca principalmente a las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de las plantas y provocando que el fruto del café caiga antes de la maduración. El trabajo de investigación se realizó con el objetivo de; determinar el efecto de cepas nativas y comerciales de *Trichoderma* spp. sobre la incidencia, severidad y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) del cafeto en el distrito San Pedro de Putina Punco, provincia Sandia, región Puno - Perú. La producción de cepas de *Trichoderma* spp se realizó en el Mega Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, la aplicación se realizó en parcelas de cafeto de 5 años de edad en estado fenológico de llenado de grano, con una concentración de  $1 \times 10^7$  ufc/ml en los meses de marzo y abril del 2019. Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones siendo en total 18 unidades experimentales. Los tratamientos en estudio fueron *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Nativa 1), *Trichoderma* sp. (Nativa 2), Hidróxido de cobre más un Testigo. Los resultados fueron: En la incidencia, el *Trichoderma viride* obtuvo el mayor efecto con 39.33 % en comparación a los tratamientos (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Nativa 1), *Trichoderma* sp. (Nativa 2)) y siendo similar al Hidróxido de cobre. En la severidad, el *Trichoderma viride* fue de mayor efecto con 14.50 % en comparación a los tratamientos (*Trichoderma* sp. (Nativa 1), *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Nativa 2)), y siendo similar al Hidróxido de cobre. Los valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad AUDPC; fueron menores en todos los tratamientos que recibieron aplicaciones de *Trichoderma* spp e Hidróxido de cobre, mientras que el Testigo tuvo el valor alto del AUDPC con 39.99 %, mostrando que el *Trichoderma viride* tuvo un valor menor de AUDPC con 20.92 %.

**Palabras Clave:** Cafeto, roya amarilla, *Trichoderma* spp, incidencia y severidad.

## ABSTRACT

The yellow rust of the coffee is the most important disease, which attacks mainly the leaves, favouring the reduction of the photosynthetic capacity, as well as the weakening of the plants and causing the coffee fruit to fall before ripening. The research was carried out with the aim of determining the effect of native and commercial strains of *Trichoderma* spp. on the incidence, severity and area under the disease progression curve (AUDPC) of the yellow rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) of coffee in the district San Pedro de Putina Punco, province Sandia, and region Puno – Perú. The production of strains of *Trichoderma* spp was carried out in the Mega Laboratory of Plant Health of the National University of the Altiplano - Puno, the application was made in plots of coffee of 5 years of age in phenological state of grain filling, with a concentration of  $1 \times 10^7$  ufc/ml in March and April 2019. Completely Random Block Design (DBCA) was used with 6 treatments and 3 repetitions being in total 18 experimental units. The treatments studied were *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Native 1), *Trichoderma* sp. (Native 2), Copper Hydroxide plus Control. The results were: In the incidence, *Trichoderma viride* obtained the greatest effect with 39.33 % compared to treatments (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Native 1), and *Trichoderma* sp. (Native 2)) and being similar to copper hydroxide. In severity, *Trichoderma viride* was more effective with 14.50% compared to treatments (*Trichoderma* sp. (Native 1), *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Native 2)), and was similar to copper hydroxide. The values of the area under the AUDPC disease progression curve were lower in all treatments that received applications of *Trichoderma* spp and copper hydroxide, while the control had the high value of the AUDPC with 39.99 %, showing that *Trichoderma viride* had a lower value of AUDPC with 20.92 %.

**Keywords:** Coffee, yellow rust, *Trichoderma* spp, incidence and severity.

## I. INTRODUCCIÓN

El Cultivo del café (*Coffea*) es uno de los más importantes a nivel mundial ya que ocupa el segundo lugar en comercialización detrás del petróleo, siendo cultivado en más de 70 Países en vías de desarrollo (Herrera, 2019). En el Perú, actualmente más del 90% de la producción, se exporta como materia prima de café y una mínima proporción para el mercado interno como café industrializado (CECOVASA y CAC, 2018). Así mismo, es el cultivo con mayor superficie sembrada en nuestro país con aproximadamente 230 mil hectáreas distribuidas en tres zonas (INEI, 2018). En la región de Puno, el cultivo de café representa la actividad agrícola más importante para 5000 familias, las variedades seleccionadas en la zona son: Caturra, Typica, Bourbon y Catimor (MINAGRI, 2018)

En la provincia de Sandia atraviesa por serios de sanidad, por lo que el agricultor recurre a la utilización de productos químicos, que dañan la salud humana y el medio ambiente, actividades que es en contra de la tendencia ecológica en la producción de café.

La roya amarilla del cafeto ocasiona daño que puede ser gradual y se localiza en las hojas, reduciendo considerablemente la producción del café (García, 2013).

Según SENASA (2018), revela que la enfermedad de la roya amarilla afecta al 17% del área cafetalera peruana y en la región de Puno, en los valles de la provincia de Sandia se pierde entre el 15 y 28% por las graves afectaciones que deja la enfermedad. Este problema se debe al limitado uso de estrategias de control hacia la roya amarilla. El género *Trichoderma* tiene gran viabilidad para el control de la roya amarilla, se cataloga como un grupo de hongos ampliamente utilizado, por su efecto antagónico, contra diversos patógenos, entre los principales modos de acción atribuidos al producto

se pueden destacar; antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), micoparasitismo, y desactivación de enzimas del patógenos (Muñoz, 2012).

El *Trichoderma* es un estimulador de los mecanismos de defensa de las plantas que ejerce una protección frente a patógenos que producen daños radicales y aéreos. Permite controlar hongos fitopatógenos como roya *Hemileia vastatrix*, *Rhizoctonia* sp, *Verticillium* sp, *Fusarium* sp, *Phytophthora* sp etc. (Castro, 2012). En estudios de laboratorio se encontró que el *T. harzianum* creció paralelo a la *H. vastatrix* sin causar ningún efecto directo en ella, sin embargo, en condiciones campo estos hongos podrían competir por nutrientes (Rolz, de León, Paniagua, *et al.*, 2013). Estas condiciones han motivado en la investigación, que desea incorporar una alternativa nueva para el control de la roya amarilla con controladores biológicos de cepas de *Trichoderma* spp, comerciales y nativas, para reducir el uso de químico y además para obtener un café orgánico.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto del control biológico (*Trichoderma* spp.) y químico de roya amarilla (*Hemileia vastratix* Berk. & Br.) del cafeto (*Coffia arabica* L) en la provincia Sandia – Puno.

### 1.1.2. Objetivo específicos

- Determinar el efecto del *Trichoderma* spp. (Cepas nativas y comerciales) e Hidróxido de cobre sobre la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastratix* Berk. & Br.) del cafeto (*Coffia arabica* L) en la provincia Sandia – Puno.
- Determinar el efecto del *Trichoderma* spp. (Cepas nativas y comerciales) e Hidróxido de cobre sobre la severidad y AUDPC en roya amarilla (*Hemileia vastratix* Berk. & Br.) del cafeto (*Coffea arabica* L) en la provincia Sandia – Puno.

## 1.2. ANTECEDENTES

Aguilera and Ávila (2013), sustentan que *Trichoderma* spp. tiene propiedades antifungosas y antibacteriales, gracias a que produce sustancias tales como: trichodermina, dermadina, sequisterpeno, suzukacillina, alameticina, trichotoxina y acetaldehído; adicionalmente están implicadas enzimas extracelulares como  $\beta$ -1,3 glucanasa, quitinasa y celulasa que degradan las paredes celulares del hospedante y posibilitan la penetración de las hifas del antagonista.

Carhuavilca (2011), determinó el efecto antagónico de especies de hongos en el control de ojo de pollo (*Mycena citricolor* Berk. & Curtís) del café en la variedad Catimor (*Coffia arabica* L.) con una dosis de 0.4 kg de sustrato de *Trichoderma*. Los parámetros que se evaluó en el experimento fue la incidencia y severidad de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* mostraron una reducción de 35.62% .

Bartra (2017), señala que incidencia de la roya del cafeto, con 6 aplicaciones con una frecuencia de 20 días durante 140 días, después de la primera aplicación llega a disminuir a un porcentajes de 21 % hasta 59 %, por la aplicación de *Trichoderma harzianum*.

Mamani (2017), aisló y caracterizó hongos antagónicos con capacidad de biocontrol de (*Hemileia vastarix*) y determinó la existencia de la micobiota endofítica a partir de hojas y tallos de plantas de café, donde evaluó las características microscópicas y culturales de las cinco cepas de *Trichoderma* sp. Asimismo, con estas cepas realizó tres aplicaciones vía drench y una vía foliar a una concentración de  $1 \times 10^7$  ufc. en plantones de café, evaluó incidencia, severidad y AUDPC, a nivel de vivero. Todos los tratamientos mostraron un efecto positivo en control de la enfermedad con respecto al testigo.



Mamani (2016), determinó la dosis adecuada del hongo antagonista *lecanicillium lecanii* para el control de la roya amarilla y además determinó el efecto de la frecuencia de aplicación del hongo *lecanicillium lecanii*, a una concentración de  $2.5 \times 10^9$  conidios/ml, aplico en el estado fenológico de llenado de grano en plantas de 7 años de edad, logró reducir en la tercera aplicación con 42% de incidencia y 39.4 de severidad.

Borrero and Silva (2005), menciona que las cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, presentan gran capacidad antagónica por su alta velocidad de crecimiento, demostrando ser unos organismos altamente agresivos en cuanto a la competencia por espacio inhibe el crecimiento de los hongos.

Zhirvi (2016), evaluó el efecto de dos especies nativas y una comercial de *T. harzianum* y *T. koningii* (Qudem), en el control de Damping off (*Rhizoctonia sp.*) y como factor estimulante de crecimiento de plántulas de café variedad Bourbón Rojo en vivero. En la fase de semillero, obtuvo los primeros resultados realizándose el análisis de varianza, el mejor tratamiento fue *T. harzianum* nativo (con dosis de 20 cc/litro) con un porcentaje de incidencia de *Damping off* de 4,25 %, versus el testigo absoluto con valor de 29 %.

Martínez (2009), reporta que los hongos antagónicos son importantes para el control biológico de los fitopatógenos, destacan las especies del género *Trichoderma* entre las más utilizadas para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo. Mientras mayor sea la probabilidad de que un aislamiento de *Trichoderma*, manifieste varios modos de acción; más eficiente y duradero será el control sobre el patógeno, aspectos que no poseen los plaguicidas químicos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CULTIVO DE CAFÉ

#### 2.1.1. Características del cultivo de café

El cafeto es un arbusto perenne, su máxima productividad alcanza entre los 7 y 8 años de edad, en cultivos controlados hasta 3 m. facilitando su manejo y cosecha (Arcila, FARFAN, Moreno, Salazar, & Hincapié, 2007).

La altitud óptima de adaptación para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 msnm, con precipitaciones anuales de 1000 - 3000 mm, la temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 °C, y una humedad relativa del 70 – 95% (Heredia, 2011). El suelo adecuado es: textura franco arcilloso arenoso, con buena fertilidad, drenaje y aireación, con pH ácido a ligeramente ácido (Fundes, 2012).

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica del café

Según Fundes (2012), manifiesta que la ubicación taxonómica del café es como sigue:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Sub-División	:	Angiospermae
Clase	:	Magnoliata
Sub-clase	:	Asteridae
Orden	:	Rubiales
Familia	:	Rubiaceae
Género	:	<i>Coffea</i>
Especie	:	<i>Coffea arabica</i> L.

### **2.1.3. Variedad caturra**

Esta variedad se originó probablemente por una mutación de un gen dominante del café Bourbon en Minas Gerais, Brasil. Fue ampliamente distribuida por ser una planta de porte bajo (Alvarado, 2016).

El porte reducido de la variedad Caturra constituye una de sus grandes ventajas, ya que facilita la recolección. Posee un grano de tamaño mediano, de buen peso y de buena calidad de taza (Castañeda, 1997).

### **2.1.4. Descripción botánica**

#### **a) Raíz**

El cafeto tiene una raíz pivotante que alcanza de 50 cm, gruesa y maciza que penetra verticalmente en el suelo, que ejerce la función de anclaje (Alvarado, 2016).

#### **b) Tallo**

El tallo sostiene las ramas y funciona de sostén para las raíces, las ramas laterales, donde se forman los frutos, surgen de lado superior de las axilas de las hojas que están insertadas al eje o tallo central. Estas ramas laterales o primarias forman a su vez, nuevas hojas y entrenudos, dando lugar a ramas secundarias y de estas la terciaria. (Blanco, Hagggar, Moraga, del Carmen Madriz, & Pavón, 2003).

#### **c) Hoja**

Las hojas son elípticas y lanceoladas de superficie ondulada le dan la forma y estructura a la planta, estas son de color verde oscuro y verde claro durante su etapa temprana. Las hojas constan de seis partes, limbo, nervio central, peciolo, estipula, axila, (Cárdenas, 2007).

#### **d) Flores**

De la flor se origina el fruto y dentro de este se encuentra el grano, que comercialmente se denomina café (Alvarado, 2016)

**e) Fruto**

El fruto del café también llamada cerezo es una drupa globular u oval, normalmente contiene dos semillas las que se encuentran separadas por el tabique interna del ovario. Es de color verde durante los primeros meses para pasar en la maduración por distintas tonalidades que van de amarillo a rojo, según la especie y zona de cultivo (Bolívar, 2009).

**f) Semilla**

Esta constituidas por el endocarpio o pergamino, una película plateada o perisperma, endospermo cotiledón o embrión. El endospermo contiene muchos compuestos, entre los que destacan la cafeína, proteínas, aceites, azúcares, dextrina, celulosa, hemicelulosa, acidoclorogenico y minerales (Barrera, 2015)

**2.1.5. Ciclo fisiológico del cultivo de café**

El ciclo fisiológico del café es el tiempo transcurrido de una campaña a otra; dura de doce meses, y tiene cuatro etapas bien marcadas (Ayre, 2017).

**2.1.5.1. Floración**

Las yemas se transforman en flores, hay mayor desarrollo vegetativo, gran producción de ramas y hojas, máxima actividad radicular y mayor formación de pelos adsorbentes, esta etapa presenta una duración de dos a tres meses (Heredia, 2011).

**2.1.5.2. Desarrollo del fruto o llenado de grano**

Llenado intenso del grano, menor producción de ramas y hojas y menor formación de pelos absorbentes. Esta etapa presenta una duración de cuatro meses (Ayre, 2017).

**2.1.5.3. Maduración**

Crecimiento vegetativo mínimo, se presenta la formación de nuevas yemas, menor actividad radicular y degradación de pelos absorbentes. Esta etapa presenta una duración de tres meses (Ayre, 2017).

#### 2.1.5.4. Descanso

No hay desarrollo de ramas y hojas, no hay adsorción de agua y nutrientes, las yemas se diferencian y crecen, pero no se abren. Esta etapa presenta una duración de dos meses (Heredia, 2011).

## 2.2. ENFERMEDAD

### 2.2.1. Incidencia

Es el porcentaje de plantas o partes de ellas dañada con enfermedad en una muestra o población. (SENASA, 2003). Expresados por porcentaje mediante esta fórmula:

$$\% I = \frac{\text{Numero de hojas afectadas}}{\text{Numero de hojas evaluadas}} * 100$$

### 2.2.2. Severidad

Área de tejidos vegetales afectadas por una enfermedad (Rojas, 2018), también definida como el área de una unidad muestreada (superficie de la planta o de un órgano) afectada por la enfermedad, expresada en porcentaje área total (SENASA, 2003).

### 2.2.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)

Estabiliza la varianza de los valores porcentuales de la enfermedad dentro de los tratamientos a lo largo de la época del cultivo, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) integrando los triángulos formados por un punto medio de la severidad en la cual alcanza el tiempo en que se monitorio y se expresa en la siguiente ecuación integrada (Finney, 1977).

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) * t_{i+1} - t_i$$

Donde:

n : es el número de evaluaciones

y : es la severidad

t : es el periodo de evaluación.

### 2.3. ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastratix* Ber. & Br.)

Todos los países centroamericanos fueron fuertemente afectados por la epidemia de roya anaranjada del 2012, así como países del Caribe y México. Además, en la cosecha del 2013, el Perú y Ecuador también fueron impactados severamente por la enfermedad. se puede decir que la roya anaranjada tuvo un impacto casi continental en pocos años, a la diferencia de las epidemias anteriores que fueron aparentemente epidemias a nivel nacional (Avelino & Rivas, 2013).

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) es una de las enfermedades que causa mayores pérdidas en el rendimiento de este cultivo. Para su control, se han considerado una serie de estrategias, como el control químico, la resistencia genética, el control biológico, el control cultural y el manejo integrado. El control químico ha sido eficaz para el manejo de la roya; sin embargo, la contaminación del ambiente, así como el alto costo de las aplicaciones y el riesgo de desarrollo de resistencia, han provocado que esta estrategia no se considere como la solución ideal al problema (Canjura, Sánchez, Krauss, & Somarriba, 2002).

#### 2.3.1. Clasificación taxonomía de la roya amarilla del cafeto

La ubicación taxonómica de la roya del café según (Avelino & Rivas, 2013).

Reino	:	Fungi.
División	:	Basidiomycota.
Subdivisión	:	Pucciniomycotina.
Clase	:	Pucciniomycetes.
Orden	:	Puccionales.
Género	:	<i>Hemileia</i> .
Especie	:	<i>Hemileia. Vastatrix</i> Berk.& Br. (1869)

### 2.3.2. Importancia de la enfermedad

La roya del café es considerada una de las enfermedades de plantas más catastróficas de toda la historia. Está dentro de las siete plagas y/o enfermedades de las plantas que ha dejado mayores pérdidas en los últimos 100 años. Es el principal problema fitosanitario de alto impacto para la caficultura. Las pérdidas en América Latina se calculan en 30% de las cosechas (Cafelab, 2018; Canjura *et al.*, 2002).

El impacto socio económico que genera una epidemia de roya del cafeto en Latinoamérica es de dimensiones incalculables. Es un problema sin resolver en diversas regiones cafeteras del país que ven diezmar sus cultivos gravemente (Cafelab, 2018).

### 2.3.3. Morfología de la roya del café

Las esporas son de tamaño microscópico ( $30\mu$  de largo X  $20\mu$  de ancho) de forma reniforme, lisas en la cara interna y rugosa en la externa, denominadas urediniosporas miden  $10\mu\text{m}$ , que son producidas en grandes cantidades y corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y teliosporas, cuya ocurrencia es muy baja, son de forma redondeada de  $20\text{-}25\mu$  (SENASICA, 2016).

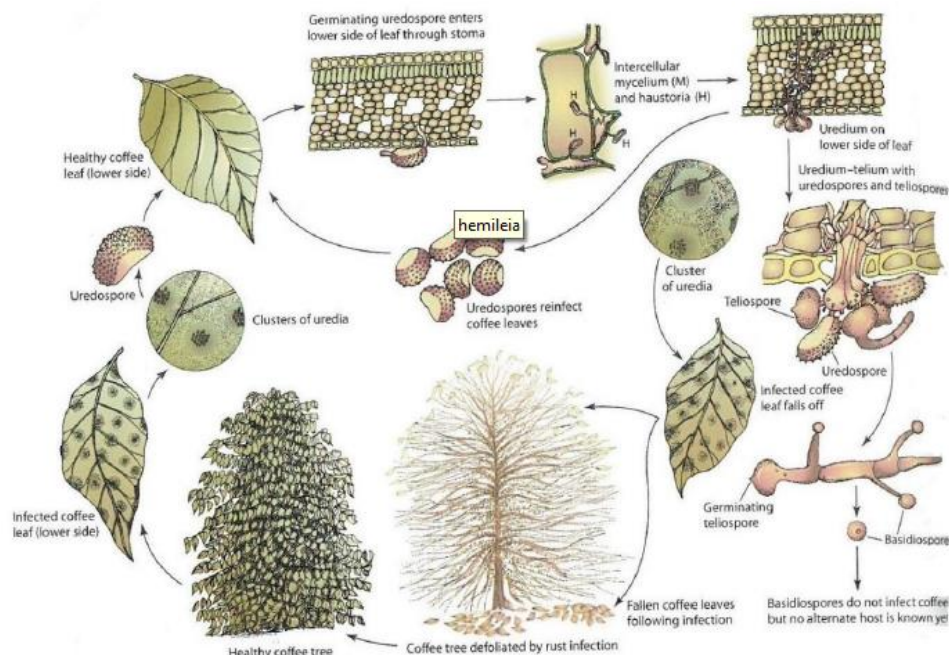
### 2.3.4. Ciclo biológico de la roya del café

- a. **Etapa de diseminación.** Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico ( $30$  micras de largo por  $20$  micras de ancho), denominadas urediniosporas que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad (Rivillas, Serna, Cristancho, & Gaitan, 2011).
- b. **Etapa de germinación.** Las esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos  $6$  horas y también es favorecida con temperaturas entre  $21\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y condiciones de obscuridad, para formarse requiere de un periodo de  $5.3\text{-}8.5$  horas. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la

hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos. Sin embargo, luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras (Estrada, 2015).

- c. **Etapas de colonización.** Una vez penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta (Figura 1), y con los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde, aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina período de incubación, el cual varía de acuerdo con la temperatura, puede estar entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra (Rivillas *et al.*, 2011).
- d. **Etapas de reproducción.** Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas, a razón de 1.600 por milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ) de hoja, por un período de 4 a 5 meses, y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina período de latencia. El período de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (Rivillas *et al.*, 2011).





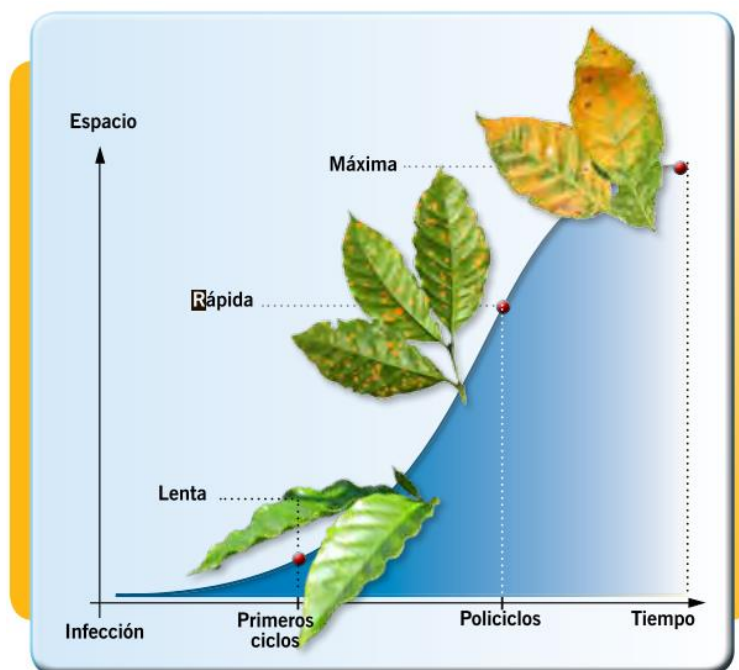
**Figura 1.** Ciclo biológico de la roya del café (*H. vastatrix*) (Agrarios, 2005).

### 2.3.5. Fases del ataque de la roya

**Primera Fase: Lenta o Inicial.** Infección de pocas hojas y con pocos puntos de infección. En el Perú esta fase se observa con las primeras lluvias (octubre, noviembre, diciembre hasta enero) (Yábar, 2013)

**Segunda Fase: Rápida o Explosiva.** Hay presencia de muchas pústulas por hoja que están esporulando y contaminando nuevas hojas y plantas. Esta fase se observa desde el mes de enero, febrero, marzo y hasta abril. Considerando que esta fase afecta a los cafetos en producción, el control químico con productos sistémicos es eficiente (Virginio & Astorga, 2015; Yábar, 2013).

**Tercera Fase: Términoal o Máxima.** Es la fase en que la roya amarilla ha defoliado los cafetos y se observa los daños en los meses de junio, julio y agosto (Yábar, 2013).



**Figura 2.** Fases de desarrollo por (*H. vastatrix*) en su hospedante (Rivillas *et al.*, 2011)

### 2.3.6. Sintomatología de la enfermedad

Los primeros síntomas de la enfermedad consisten en pequeñas lesiones amarillentas que aparecen alrededor del punto de penetración (envés de las hojas), que con el tiempo se unen y producen las uredosporas de color anaranjado característico; en el haz se observa manchas cloróticas y finalmente las lesiones se vuelven necróticas, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar; en los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja, esta mancha es translúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite (Saboya, 2019).

### 2.3.7. Epidemiología de la roya del café

La planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas las etapas de su desarrollo, desde el estado cotiledonal hasta la etapa productiva en el campo (Durán, 2013).

La mayor fuente de inóculo primario es el residual, que está constituido por las lesiones necrosadas y/o latentes llevadas por las hojas del cafeto que sobrevivieron después de la época seca, la cantidad de inóculo residual depende de la intensidad de defoliación (Vásquez, 2018).

### **2.3.8. Sobrevivencia de la roya del café**

*Hemileia vastatrix*, es un parásito obligado y sobrevive únicamente en tejido vivo del hospedante, las urediniosporas pueden sobrevivir hasta por 6 semanas bajo condiciones ambientales secas. No se han reportado hospedantes alternos para la roya amarilla y no sobrevive en restos del cultivo (Alzate, 2015).

### **2.3.9. Multiplicación**

La multiplicación del hongo ocurre 30 días después de la etapa de infección y colonización del tejido de las hojas, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. Aproximadamente 1600 ( $\text{mm}^2$ ) de hoja son producidas, durante un período de 4 a 5 meses, para ser dispersadas e iniciar el nuevo ciclo de infección (SENASICA, 2016).

### **2.3.10. Patógeno**

La roya es una enfermedad que se reproduce múltiples veces, favorecido por la condición climática y por un mal manejo del cafetal. El tiempo desde el inicio de la infección y la formación del polvo color naranja en el envés de la hoja, puede tardar entre 25 y 30 días. Durante la mayor parte de este tiempo no es posible observar el síntoma típico de la enfermedad, siendo en los últimos 3 días del ciclo, cuando se pueden observar las manchas con el polvo anaranjado. Entre más favorables son las condiciones de temperatura y permanencia de agua sobre las hojas, menor será el tiempo para completar el ciclo (CICAFE, 2013).

### 2.3.11. Factores del ambiente

El cambio climático aumenta la incertidumbre en la producción de muchos cultivos en los países tropicales, incluidos muchos países en desarrollo, ya que permite el mayor desarrollo de plagas y enfermedades en los cultivos (Estrada, 2015). La incidencia de la roya aumenta a medida que la sombra del cultivo es mayor, ya que la presencia de la sombra genera un microclima y aumenta el impacto de gotas de lluvia lo cual favorece al desarrollo del hongo (Otiniano *et al.*, 2018).

López (2010), determinó efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, que en el periodo entre las 6:00 pm y 6:00 am, en condición sin lluvia en café sembrado al sol se da una estrecha relación entre la temperatura de la hoja y el punto de rocío, lo que favorece la germinación de las esporas de la roya del café. En condiciones del café bajo sombra regulada, la temperatura de la hoja está por encima del punto de rocío, lo que reduce considerablemente la formación de rocío y, en consecuencia, la posibilidad de germinación de la espora del hongo. La presencia o ausencia de rocío en las hojas de café puede ser un aspecto determinante para que las esporas del hongo puedan o no desarrollarse.

#### 2.3.11.1. Temperatura

La exposición previa, bajo condiciones húmedas, a temperaturas alrededor o ligeramente bajo el mínimo para la germinación (15-17.5°C), aumento la tasa de germinación, al transferir las esporas a una tasa más alta de temperatura, más allá del valor de la tasa observada, cuando se comenzó la exposición, en condiciones húmedas a esa temperatura más alta (Vásquez, 2018).

De acuerdo al ciclo biológico del hongo y los factores climáticos que favorecen su desarrollo, la curva epidemiológica sigue el ritmo de las temperaturas y las lluvias, de

tal manera, que se distinguen tres fases: un inicio lento de la enfermedad, luego una rápida evolución hasta llegar al máximo desarrollo y finalmente un rápido descenso debido a la caída de las hojas (Durán, 2013).

#### **2.3.11.2. Precipitación**

La lluvia dispersa y la sombra intercepta las gotas de agua. Cuando la lluvia es poco abundante, el agua no llega al café. No se da la dispersión. Cuando las lluvias son abundantes, la sombra canaliza el agua, forma gotas gordas con un impacto potencial sobre el café más fuerte (depende de la altura de la sombra). También parece ejercer un efecto sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles (Avelino & Rivas, 2013).

#### **2.4. TRICHODERMA SPP**

El género *Trichoderma* fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas. Se puede encontrar en diferentes zonas y hábitats, especialmente donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos (Sivila & Alvarez, 2013).

La utilización de microparásitos así como cepas del género *Trichoderma*, constituyen una alternativa eficaz en el control biológico para combatir enfermedades causadas por hongos, en la actualidad son una alternativa para sustituir el control químico, que además de su elevado costo, desarrolla resistencias por parte de los fitopatógenos, como también trae consigo problemas de contaminación y toxicidad (Gómez, 2017).

#### 2.4.1. Taxonomía

Según Agrarios (2005), la ubicación taxonómica del café es como sigue:

Reino	:	Fungi
División	:	Mycota
Subdivisión	:	Eumycota
Clase	:	Hyphomycetes
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Género	:	<i>Trichoderma</i> Persoon (1794).
Especie	:	<i>Trichoderma harciamun</i> , <i>Trichoderma viride</i> ,

#### 2.4.2. Caracterización

Las colonias son fácilmente reconocibles por su rápido crecimiento y sus coloraciones son: blancas - verdes o amarillo - verdosas; las áreas con colonias se presentan con anillos concéntricos, produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidias. Estos cuerpos especializados se caracterizan por poseer una gruesa pared exterior, constituida por tres capas (endospora, epispora y perispora) que protegen el interior del conidio (protoplasto). La ventaja del conidio de poseer una pared celular gruesa es la posibilidad de aislarlo de su medio natural y que sobreviva a condiciones adversas, manteniéndolo en dormancia hasta que las condiciones sean propicias para la germinación, las conidias son verdaderas semillas que utiliza el hongo para colonizar nuevos sustratos, es el principal producto a obtener en la producción comercial y/o artesanal (Sivila & Alvarez, 2013).

#### 2.4.3. Mecanismos de Acción

Los mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos. Algunos de estos son antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes,

interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia. Si el antagonista posee varios modos de acción reduce los riesgos de desarrollo de resistencia en el patógeno. Este riesgo de resistencia también se reduce mediante el uso de combinaciones de antagonistas con diferente modo de acción (Fernández, 2001).

Un agente biocontrolador envuelve el hongo al atacar y penetra sus células causándoles daños extensivo tales como alteración de la pared celular, retracción de la membrana plasmática de la pared, desorganización de la citoplasma, también actúa sobre la replicación celular al inhibir la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo (Fernández, 2001).

#### **2.4.3.1. Micoparasitismo**

Este mecanismo de acción más importante del crecimiento antagónico hacia el patógeno, desarrollándose alrededor de éste o formando estructuras similares a ganchos o apresorios en la superficie del hospedero, que le permitirían, penetrar al interior (del patógeno) y por acción de enzimas líticas (quitinasa, glucanasa, celulasas, xylanases, laminarinasas, esterases) degradar su pared celular. Entonces la hifa de *Trichoderma* spp. entra en contacto con la hifa del hongo patógeno e inicia un crecimiento alrededor de dicha hifa, y por acción enzimática comienza la degradación de la hifa del patógeno; luego, ocurre penetración por parte del hongo antagonista, causando degradación celular, rompimiento hifal y destrucción total de las hifas del patógeno (Sivila & Alvarez, 2013).

#### **2.4.3.2. Antibiosis**

Libera compuestos antibióticos y compuestos enzimáticos extracelulares que inhiben el desarrollo de hongos fitopatógenos. El hongo *Trichoderma* spp. tiene la capacidad de producir tanto compuestos orgánicos volátiles como son: 2-propanona, 2-metil-1-



butanol, heptanal, octanal, nonanal y decanal; y a su vez compuestos no volátiles que propenden la actividad antibiótica, dentro de los cuales existe un gran número de compuestos de importancia en la actividad biorreguladora de patógenos tales como: harzianolida, alameticina, tricolina, viridina, gliovirina, gliotoxina, 6-pentil-  $\alpha$ - pirona, isonitrina, trichodermina, suzucacilina y trichorzianina. Estos compuestos no volátiles cumplen un rol importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos. A su vez la combinación de enzimas líticas y de antibióticos producen un alto nivel de antagonismo frente a organismos patógenos (Guilcapi, 2010).

#### **2.4.3.3. Competencia**

La competencia constituye un mecanismo de antagonismo muy importante. Se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento (sustrato, nutrientes), siempre y cuando la utilización de este por uno de los organismos reduzca la cantidad o espacio disponible para los demás. La competencia por nutrientes puede ser por nitrógeno, carbohidratos no estructurales (azúcares y polisacáridos como almidón, celulosa, quitina, laminaria, y pectinas, entre otros) y micro elementos (Infante, Martínez, González, & Reyes, 2009).

#### **2.4.4. Modo de acción de *Trichoderma harzianum* (Rifai)**

Es un hongo usado como fungicida biológico, de igual forma es estimulador de crecimiento en plantas y utilizado como agente de bioremediación ya que degrada algunos grupos de pesticidas de alta persistencia en el ambiente (Castro, 2012).

Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y a hábitats donde los hongos causan enfermedad le permiten ser eficiente agente de control, de igual forma puede sobrevivir en medios con contenidos significativos de pesticidas y otros químicos. Antagonista natural de los fitopatógenos



*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Phythium* spp, *Alternaria* spp, *Armillaria mellea*, *Rosellinia* sp (Castro, 2012).

El hongo crece y se ramifica en típicas hifas que pueden oscilar entre 3 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro, según las condiciones del sitio en donde se esté reproduciendo. La esporulación asexual ocurre en conidios unicelulares de color verde. Además es utilizado como biofungicida con amplio rango de acción frente a hongos fitopatógenos causantes de diferentes enfermedades en los cultivos (Guilcapi, 2010).

Reino : Fungi  
División : Ascomycota  
Subdivisión : Deuteromycotina.  
Clase : Hyphomycetes.  
Orden : Hyphales (Moniliales).  
Familia : Hypocreaceae  
Género : *Trichoderma harzianum* Rifai (1969).

*Trichoderma harzianum* se caracteriza por la alta velocidad de crecimiento, abundante esporulación y la amplia gama de sustratos sobre los que puede crecer, debido a la riqueza de enzimas que posee, hacen que sea muy eficiente como saprófito y aún más como agente de control biológico (Guerra & David, 2015).

#### **2.4.5. Modo de acción de *Trichoderme viride***

*Trichoderma viride* al entrar en contacto con el suelo y detectar la presencia del hongo fitopatógeno, crecen paralelamente a la hifa del hongo dañino, después de reconocerlo se adhieren y lo penetra enrollándolo hasta que lo consuma (parasitismo) y compitiendo con el espacio, energía y luz. La producción de antibióticos por parte del *Trichoderma* hace que el área donde se desarrolla el hongo esté libre de otros hongos dañinos (Castro, 2012; Martínez, 2009).

Reino : Fungi  
Subdivisión : Deuteromycotina  
Clase : Hyphomycetes  
Orden : Hyphales (Moniliales).  
Género : *Trichoderma. Viride* Pers.

Romero (2018), determinó que *Trichoderma viride* es un hongo antagonista de gran importancia como biocontrolador de los fitopatógenos para *Phytophthora capsicie* en el método de siembra plantín, bajo tres modalidades de siembra (directa, plantín y raíz desnuda) en el cultivo de pimiento, se mostraron la pudrición radicular se obtuvo en el método de siembra a raíz desnuda 74% severidad

## 2.5. CONTROL QUÍMICO

El control se recomienda iniciar dos meses después de la floración, la protección debe mantenerse hasta el inicio de la maduración del fruto. Es necesario a medida que la planta tiene un potencial productivo más alto. Este debe hacer en forma preventiva. Esto es esencial para los fungicidas protectores, pero también para los fungicidas curativos. La tasa de crecimiento de la roya es tal que en poco tiempo podría pasarse de incidencias leves a incidencias elevada muy difícilmente controlables (Avelino & Rivas, 2013).

Se han desarrollado fungicidas sistémicos, los cuales tienen efecto inhibiendo la germinación de las esporas, producción de haustorios y en algunas ocasiones la penetración del patógeno. Dentro de los fungicidas sistémicos se encuentran principalmente los que pertenecen al grupo de los Triazoles (Cafelab, 2018).

Estos fungicidas permiten atacar el hongo durante el crecimiento del micelio y la formación de las pústulas de los compuestos a base de cobre, los más usados son el Oxiclورو de Cobre, el Caldo Bordelés a base de Sulfato de Cobre, y el Caldo Viscosa

a base de cobre, zinc, magnesio, boro, urea y cal, que ha resultado uno de los más efectivos por su aporte a la nutrición mineral. Este tipo de compuestos deben ser usados como preventivos, ya que una vez infectada la hoja, no pueden detener la infección. Cabe mencionar que el uso de Caldo Sulfocálcico, el Oxiclورو de Cobre, el Caldo Bordelés y el Visosa, se encuentran permitidos (Hernández & Velázquez, 2016).

La utilización de fungicidas protectores no cura la enfermedad, únicamente la previene. Si el porcentaje de infección de la enfermedad se incrementa hasta llegar a un nivel donde de 100 hojas, existen 15 hojas enfermas, se debe aplicar un fungicida sistémico (Atemi 200ml/estación de 200 L). Los fungicidas protectores recomendados son: Oxido de cobre (0,5 kg por estación de 200 L), Hidróxido de cobre (0,5 kg por estación de 200 L, Oxiclورو de cobre (1 kg por estación de 200 L) (Heredia, 2011).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se ejecutó durante los meses de enero hasta abril del año 2019, la fase de laboratorio en enero - febrero y fase campo en marzo - abril, esta última fase se realizó en el sector de Alto Pauji, de propiedad del agricultor Juan Aguirre Chambe, cuya ubicación política y geográfica es lo siguiente:

##### 3.1.1. Ubicación política

Lugar : Sector Alto pauji  
Distrito : San Pedro de Putina Punco  
Provincia : Sandia  
Región : Puno

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Altitud : 1262 msnm  
Longitud : 69° 4' 40" W  
Latitud : 14° 6' 18.5" S

#### 3.2. ANÁLISIS DEL SUELO EXPERIMENTAL

Para conocer las propiedades físicas – químicas del suelo experimental, se obtuvo 1 kg de muestra de suelo a una profundidad entre 15 a 20 cm a partir de submuestras de diferentes puntos de manera zigzag y posteriormente se llevó al laboratorio de “Suelo y Agua” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la Estación Experimental Agraria Illpa - Salcedo – Puno.

**Tabla 1.** Análisis físico – químico del suelo experimental

Tipo de Análisis	Unidad	Resultados
<b>Análisis físico</b>		
Arena	%	27
Arcilla	%	29
Limo	%	44
Textura		FAr
<b>Análisis químico</b>		
pH		6.07
M.O.	%	2.54
N	%	0.09
P	Ppm	10.37
K	Ppm	279.68

**Fuente:** Laboratorio de análisis de agua y suelo INIA- ILLPA- Salcedo-Puno (2019)

En la Tabla 1 se muestra que el suelo es de textura franco arcilloso, el contenido de materia orgánica (M.O.) de 2.54 % es medio, nitrógeno (N) disponible 0.09% es bajo, fósforo (P) disponible 10.37 ppm es medio, potasio (K) disponible 279.68 ppm es alto y pH 6.07 es ligeramente ácido.

### 3.3. PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos como: temperatura, humedad relativa y precipitación fueron tomados el por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología *SENAMHI* Puno, estación “Tambopata” del distrito de San Juan del Oro durante los meses de Marzo y Abril del 2019.

**Tabla 2.** Datos meteorológicos en los meses de marzo y abril 2019

MES	TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN
	Max	Min	% promedio	PLUVIAL (mm) total
Marzo	28.1	17.4	96	114.2
abril	27.8	16.9	96	114.9

Fuente. *SENAMHI* - estación meteorológico “Tambopata” 2019

En la Tabla 2 se muestra los datos meteorológicos de los meses marzo y abril. Lo cual en el mes de marzo presenta mayor temperatura máxima y mínima con 28.1 y 17.4 °C respectivamente, la humedad relativa en los meses de marzo y abril es de 96 %, y la precipitación pluvial en los meses de marzo y abril obtuvieron de 114.2 y 114.9

respectivamente, sin embargo la precipitación promedio total anual durante los últimos 5 años fue 1347.33 mm.

### 3.4. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La fase de campo del presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo fisiológico, de la etapa del llenado de grano del café, en los meses de Marzo y Abril del 2019.

### 3.5. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

#### Área por unidad experimental

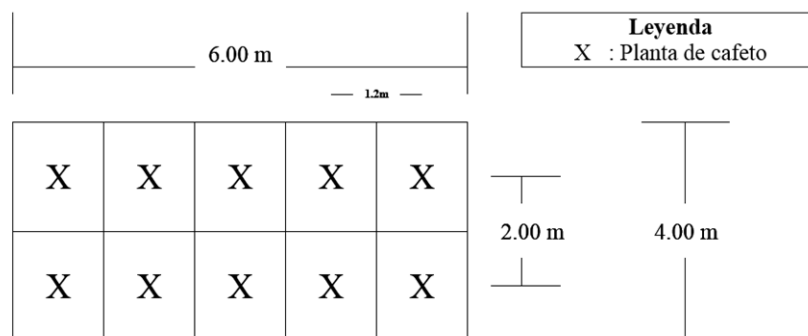
Distanciamiento entre surco	: 2 m
Número de plantas /surco	: 5
Distanciamiento entre plantas	: 1.20 m
Largo del surco	: 6 m
Ancho área	: 4 m
Largo área	: 6 m
Numero de unidad experimental	: 18
Área total por 18 unidades experimentales	: 432 m <sup>2</sup>

#### Bloques

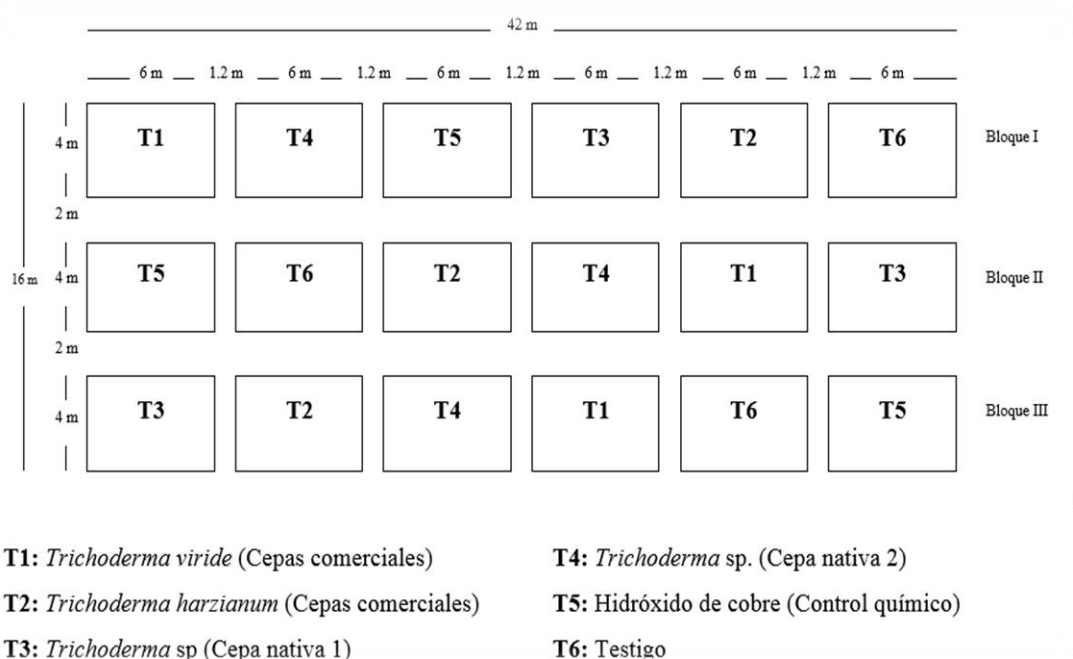
Numero	: 3
Largo	: 42 m
Ancho	: 4 m
Distancia entre bloques	: 2 m

#### Área experimental

Largo	: 42 m
Ancho	: 16 m
Área	: 672 m <sup>2</sup>



**Figura 3.** Croquis de unidad experimental.



**Figura 4.** Croquis del experimento.

### 3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de plantas de café estuvo constituido por 180 plantas (10 plantas por tratamiento) y las muestras evaluadas estuvieron constituido por 90 plantas (5 plantas por tratamiento).

### 3.7. TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

En la Tabla 3 se presenta los tratamientos empleados en el presente trabajo de investigación.

**Tabla 3.** Tratamientos empleados para el control de la roya amarilla en una concentración de esporas  $1 \times 10^7$  ufc/ml para cepas comerciales y nativas

Tratamiento		Dosis de	Dosis de	N° de
Clave	Especie	concentración	sustrato g/30Lt	aplicaciones
T1	<i>Trichoderma viride</i>	$1 \times 10^7$ ufc	179.1	5
T2	<i>Trichoderma harzianum</i>	$1 \times 10^7$ ufc	250	5
T3	<i>Trichoderma</i> sp.	$1 \times 10^7$ ufc	112.3	5
T4	<i>Trichoderma</i> sp.	$1 \times 10^7$ ufc	141.2	5
T5	hidróxido de cobre	-	18	5
T6	Testigo	-	-	-

ufc : unidades formadoras de colonias

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se ha empleado el diseño bloque completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos (1 testigo) y con 3 repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales, luego del análisis de varianza, se realizó pruebas de contraste de Duncan, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %.

**Tabla 4.** Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de varianza	Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	5
Bloque	r-1	2
Error experimental	(t-1) (r-1)	10
Total	(rt-1)	17

El modelo aditivo lineal explica el valor de cada unidad experimental  $Y_{ijk}$ .

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

i: 1, 2, 3, ..., 6 Tratamiento

j: 1, 2, ..., 3 Repeticiones

$Y_{ijk}$  = es la observación de j – esima bloque, del i – esima tratamiento de la k – esima variable de respuesta de evaluación incidencia y severidad.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = es el efecto del i - esimo tratamiento cepas nativas y comerciales.



B<sub>j</sub>: es el efecto del j - esimo bloque

E<sub>ijk</sub>: es el efecto del error experimental del i – esimo bloque del i - esimo tratamiento.

### 3.9. MATERIALES

#### 3.9.1. Material vegetal

Se utilizó plantas de café en campo, de 5 años de edad en la variedad Caturra en el Sector de Alto Pauji, distrito San Pedro de Putina Punco; con síntomas y presencia de roya amarilla *Hemileia vastatrix*, en la cual se manifiesta en el envés de las hojas, y se caracteriza por pequeñas manchas de color amarilla o color naranja, estas puede ser de diferentes formas.

#### 3.9.2. Cepas *Trichoderma* spp.

Las cepas nativas y comerciales de *Trichoderma* spp. fueron proporcionadas por el Mega Laboratorio Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno; donde las cepas nativas fueron extraídas del distrito de San Juan del Oro, provincia Sandia.

**Tabla 5.** Procedencia de cepas de *Trichoderma* spp.

Trat	Especie	Tipo de cepa	Procedencia
T1	<i>Trichoderma viride</i> Pers	Comercial	S. E. - Cusco
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	Comercial	S. E. – Cusco
T3	<i>Trichoderma</i> sp.	Nativa 1	Hoja de café – San Juan del Oro
T4	<i>Trichoderma</i> sp.	Nativa 2	Hoja de café – San Juan del Oro

S.E. = sin especificar

#### 3.9.3. Producto químico

Se realizó la compra en la ciudad de Juliaca, con nombre comercial “Puccin”, producto catalogado como fungicida, debido a que está formulado a base de Hidróxido de Cobre, Las características principales de Puccin se presentan en el en tabla 6.

**Tabla 6.** Características del fungicida

	Propiedades
Plaguicida	Fungicida
Nombre comercial	Puccin
Ingrediente activo:	Hidróxido de cobre
Formulación	Polvo Mojable
Composición química	Hidróxido de cobre...77%
	Ingrediente inerte .....23%

### 3.10. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos fases; fase de laboratorio, fase de campo.

#### 3.10.1. Fase laboratorio

##### 3.10.1.1. Preparación del medio de cultivo

Se preparó el medio de PDA (Papa Dextrosa Agar) para un litro, de medio de cultivo para hongo: en un recipiente se realizó el pelado de papa, luego se realizó el pesado 250 g luego lavarlas, cortarlas en trozos y hacerlas hervir en 500 ml de agua destilada por 20 minutos, en un vaso Becker colar y diluir 18 g de agar y 10g de dextrosa con 500 ml de agua destilada luego se mezcló con el caldo de papa, y se procedió a distribuirlos en matraz de 1000 ml luego se llevó al autoclave a una temperatura de 120 °C durante 15 min a 15 libras de presión (Cañedo, 2004).

##### 3.10.1.2. Reactivación y repique cepas de *Trichoderma* spp.

Las cepas de *Trichoderma* spp, se reactivó en placas petri con medio de PDA, e inoculadas por siete días a 25 °C a partir de estos cultivos fueron repicados (consiste en extraer un trozo de agar con micelio y sembrarlo en otra placa Petri con contenido de agar nutritivo), a otras placas con medio de PDA con el fin de multiplicar las cepas de *Trichoderma* para su posterior reproducción en sustrato de cebada (Alvarado, 2016).

### 3.10.1.3. Producción de cepas *Trichoderma* spp. en sustrato de cebada

Se hizo pre-cocción del sustrato de cebada por un tiempo de 40 minutos luego colocó 300 g. de cebada en bolsas de polipropileno, y se agregó bicarbonato de sodio 15 ml en el sustrato, luego se removió el sustrato con el fin de homogenizar el bicarbonato de sodio, finalmente las bolsas de polipropileno se sellaron con grapas. Luego se llevó a la autoclave a 120 °C y 15 libras de presión por 20 minutos. De las cepas de *Trichoderma* sp de 7 días de edad se hizo trocitos del medio PDA con el hongo, se colocó una placa para cada bolsa de cebada, fueron bien cerradas y llevadas a la incubadora bajo luz durante 14 días a una temperatura de 25°C (Sivila y Alvarez 2013).

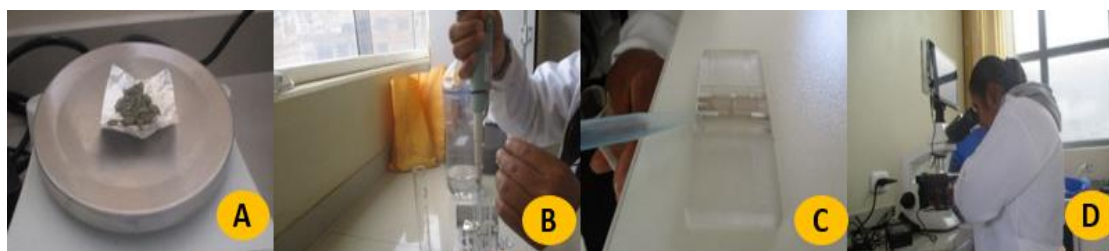


**Figura 5.** Producción de *Trichoderma* spp A. pre-cocción de sustrato de cebada. B. llenado y pesado en bolsas de polipropileno. C. autoclave a 120°C por 20 minutos. D. cámara de flujo laminar para la producción. E. incubación a 25°C. F, G. pesado y sellado de bolsas de polipropileno.

### 3.10.1.4. Conteo de conidios de *Trichoderma* spp

Para el conteo de conidias de *Trichoderma* spp. se hizo diluciones seriadas de  $10^{-3}$ , para la cual se pesó 1g de sustrato de cebada colonizadas con cepas de *Trichoderma* spp, seguidamente se realizó tres diluciones seriadas, se colocó en tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril luego se agito para que se desprendan las conidias de la cebada, enseguida se sacó un 1 ml de la suspensión de conidias para transferir a otro

tubo de ensayo con 9ml de agua destilada estéril, y se observó con 1ml de líquido para su respectivo conteo se determinó por conteo directo en cámara de Neubauer, se cuenta el número de los cuadrantes secundarios (CS) esquinados y el central de la cámara (CC) aplicando la siguiente fórmula se obtienen los números de conidios por mililitros  $\text{Suma de 5 CS} \times 50000 = \text{conidios/ml}$ , el número de conidios por gramo del producto final se obtiene multiplicando el número de conidias presentes en 1 mililitro por número de mililitros en que fue disuelta la muestra y dividiendo este resultado entre gramos de muestra usadas  $(\text{CM} \times \text{XB}) / \text{G} = \text{GM}$  Donde: CM=Conidias por mililitro B=Cantidad de mililitros usadas en la solución madre. G=Cantidad de gramos usados en la solución madre MG=Conidias por gramo de muestra (Sivila y Alvarez 2013).



**Figura 6.** Conteo de conidias de *Trichoderma* spp. A. el pesado de un gramo de sustrato. B. diluciones seriadas. C. cámara Neubauer. D. observación de conidias.

### 3.10.2. Fase de campo

#### 3.10.2.1. Labores culturales

Se realizó dos deshierbos, se hizo antes de la primera evaluación 6 de marzo y el segundo deshierbo fue el 8 de abril.

#### 3.10.2.2. Demarcación del campo experimental

Una vez ubicada el campo experimental, se realizó la demarcación del campo según las dimensiones de la figura 3 y 4. Para la evaluación se tomaron cinco plantas de cada unidad experimental, los que se marcaron con etiquetas de diferentes colores para cada tratamiento.

### 3.10.2.3. Aplicación de los tratamientos

Antes de la aplicación de los tratamientos *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, y las cepas nativas *Trichoderma* sp y “Hidróxido de cobre”, se hizo una prueba de agua pura con una mochila fumigadora manual, para determinar el gasto de agua por cada parcela; determinándose que el gasto promedio fue de 10 litros por cada tratamiento (considerando que la parcela tenía 2 plantas por hoyo).

Se realizó aplicaciones foliares en plantas de café de cinco años de edad con cepas *Trichoderma* spp. con una concentración de esporas de  $1 \times 10^7$  ufc/ml cada 10 días. Según (Rolz, De León, Paniagua, et al., 2013), aplicó via foliar en plantas de quinua con concentración de  $1 \times 10^7$  ufc/, además Mamani H. (2017), aplicó en plantas de café en vivero en una concentración  $1 \times 10^7$  ml.

La aplicación se orientó hacia las hojas del cafeto de cada tratamiento de abajo hacia arriba y a favor de la corriente de aire (Yábar, 2013). Se empleó la indumentaria mínima de protección personal para la aplicación.

#### a. Aceite Agrícola.

Debido a que la aplicación es foliar, se utilizó un adherente, debido a las constantes lluvias y otros factores que provocarían la caída de la mezcla; por lo tanto, la eficacia del tratamiento. Se utilizó el adherente o aceite agrícola Súper Crop Oil; útil y necesario para fijar el material biológico en las hojas del cafeto y evitar el lavado por lluvias. Con una dosis de 100 mL/200L 15mL/30 litros de agua.

## 3.11. VARIABLES DE RESPUESTAS

### 3.11.1. Incidencia de la roya amarilla.

Marcada las plantas se realizó una evaluación inicial un día antes de la primera aplicación de los tratamientos, a fin de determinar el porcentaje de la incidencia de la roya en el café, en la cual se evaluó la incidencia en 5 plantas centrales de cada

tratamiento, la evaluación se realizó cada 10 días, se tomó 10 hojas por cada planta, considerando el tercio inferior 3 hojas, tercio medio 4 hojas y el tercio superior 3 hojas.

Para la toma de los datos se utilizó la fórmula del número de Hojas afectadas o dañadas y Hojas evaluadas según (SENASA, 2003).

$$\text{incidencia \%} = \frac{\text{Numero de hojas afectadas}}{\text{Numero de hojas evaluadas}} * 100$$

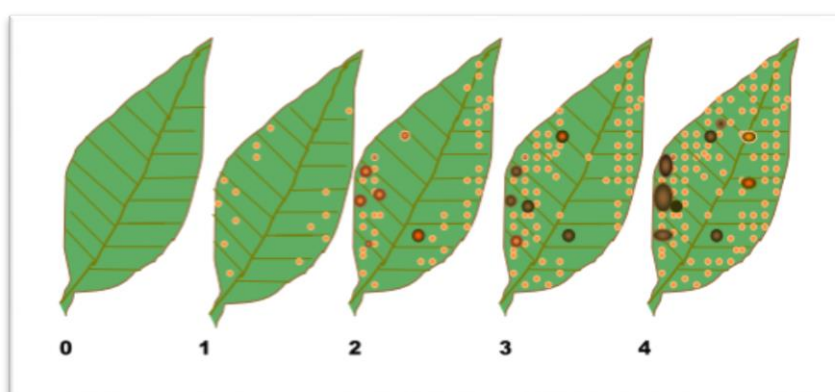
### 3.11.2. Severidad de la roya amarilla.

También conocido como Índice de Intensidad de Daño o Grado o Escala de Severidad. La severidad se determinó el número de manchas esporuladas (pústulas) por hoja enferma con roya, se consideró como pústulas a un conjunto de uredosporas visibles de color anaranjado, presente en el envés de la hoja.

**Tabla 7.** Escala de severidad para la roya amarilla

Grado	Descripción
0	Sano o síntomas visibles
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las manchas empiezan a unirse llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
3	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria afectando el 21 al 50% del área sana
4	Mayor al 50% del área foliar se encuentra afectada

**Fuente:** SENASA (2003) .



**Figura 7.** Grado de Calificación de la Roya Amarilla del café SENASA (2003).

### 3.11.2.1. Índice de Intensidad de Daño de la Roya Amarilla

$$\% \text{ severidad} = \frac{\sum(\text{Numero de hojas} * \text{cada grado})}{\text{Numero de total hojas evaluadas} * \text{grado mayor}} * 100$$

### 3.11.2.2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)

Estabiliza la varianza de los valores porcentuales de la enfermedad dentro de los tratamientos a lo largo de la época del cultivo, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) integrando los triángulos formados por un punto medio de la severidad en la cual alcanza el tiempo en que se monitorio y se expresa en la siguiente ecuación integrada (Finney, 1977).

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) * t_{i+1} - t_i$$

Donde:

n = número de evaluaciones.

y = porcentaje de follaje afectado

t = número de días de evaluados.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EFECTO DEL TRICHODERMA SPP. (CEPAS NATIVAS Y COMERCIALES) E HIDRÓXIDO DE COBRE SOBRE LA INCIDENCIA DE LA ROYA AMARILLA (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)

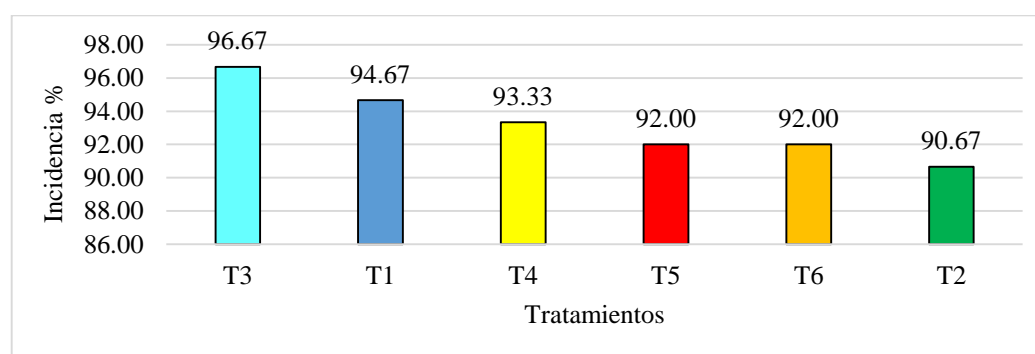
#### 4.1.1. Porcentajes de incidencia de la roya amarilla antes de la aplicación.

**Tabla 8.** Análisis de varianza de incidencia de roya amarilla antes de la aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	154.51	77.25	3.65	4.10	7.56	0.0644	Ns
Tratamientos	5	144.22	28.84	1.36	3.33	5.64	0.3153	Ns
Error	10	211.42	21.14					
Total	17	510.15						

CV= 6.07%       $\bar{X}=75.81$

En la Tabla 8, se muestra el (ANVA), para la incidencia de “roya amarilla” antes de la primera aplicación, indicando que entre bloques no existe diferencia estadística significativa, esto indica que entre bloques, las condiciones de las plantas de café fueron del mismo tamaño y la misma edad, para los tratamientos en estudio, tampoco existe diferencia estadística significativa, esto nos indica, que entre tratamientos tienen similar porcentaje de incidencia, además el coeficiente de variación (CV) fue al 6.07% esto nos indica que los datos son confiables, para iniciar los tratamientos (Ochoa, 2009).



■ T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre  
 ■ T2 = *Trichoderma harzianum*      ■ T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 8.** Porcentaje de incidencia de la roya amarilla antes de la primera aplicación.



En la Figura 8, se muestra el porcentaje de incidencia de (*Hemileia vastatrix*) antes de la primera aplicación; donde se presentó con mayor porcentaje “hojas” dañadas fue el tratamiento T3 (*Trichoderma* sp.) con 96.67 %, seguido por los tratamientos T1 (*Trichoderma viride*), T4 (*Trichoderma* sp.), T5 (Hidróxido de cobre), T6 (Testigo) y T2 (*Trichoderma harzianum*) con 94.67 %, 93.33 %, 92 %, 92 % y 90.67 % respectivamente, siendo encontradas las plantas de cafeto con mayor porcentaje de ataque de la roya amarilla antes de la aplicación de los tratamientos; según Yábar (2013), indica que la roya amarilla cuando tiene la presencia de muchas pústulas por hoja esporulando y contaminando nuevas hojas y plantas a esta se la denomina fase “rápida o explosiva” esta fase se observa desde enero a abril.

Durán (2013), menciona, que la planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas las etapas de su desarrollo desde este estado cotiledonal hasta la etapa reproductiva. Barquero (2013), los principales factores que llegan a condicionar el desarrollo de la enfermedad dependen de la relación entre el hospedante (plantas de cafeto), el patógeno (la roya del cafeto) y el ambiente (variación del clima) dentro de los factores del hospedante debe considerarse la susceptibilidad de la variedad. Según el reporte de Mantupa (2016), en su ámbito de estudio encontró una prevalencia del cultivar típica con 96.8 % y caturra con 77.1 % de incidencia de la roya amarilla, confirmando así que la variedad en estudio es una de las variedades susceptible a la roya amarilla.

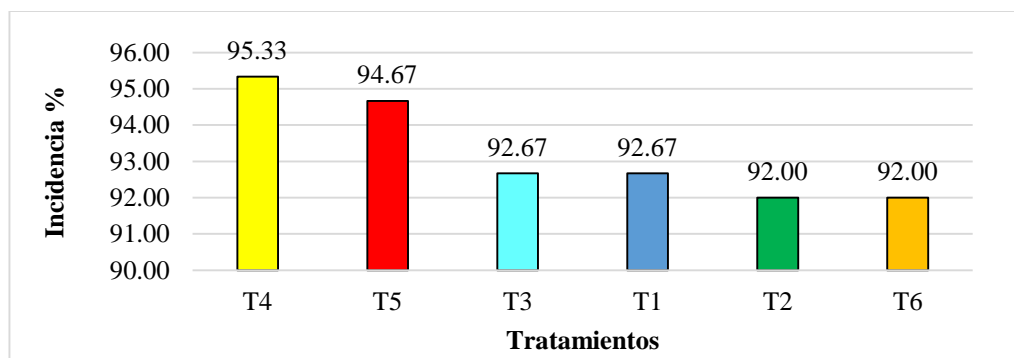
**4.1.2. Porcentaje de incidencia de roya amarilla después de la primera aplicación**

**Tabla 9.** Análisis de varianza para incidencia de roya amarilla después de la primera aplicación

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Pr > F	Sig.
					0.05	0.01		
Bloque	2	42.80	21.40	0.84	4.10	7.56	0.4581	ns
Tratamientos	5	103.39	20.68	0.82	3.33	5.64	0.5645	ns
Error	10	253.28	25.33					
Total	17	399.47						

CV = 6.66%       $\bar{X}$  =75.62

Tabla 9, se muestra el análisis de varianza (ANVA), para la incidencia de (*Hemileia vastatrix*) que después de la primera aplicación a los 10 días, en donde para bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que tiene un porcentaje similar de incidencia, para los tratamientos en estudio, tampoco existe diferencia estadísticas significativas, esto nos indica que ente tratamientos tienen similar porcentaje de incidencia de la roya amarilla, además el coeficiente de variación (CV) es de 6.66 % esto indica que los datos son confiables.



- T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre
- T2 = *Trichoderma harziamun*      ■ T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 9.** Porcentaje de incidencia de la roya amarilla después de la primera aplicación

En la Figura 9. Se muestra el porcentaje de incidencia de la roya amarilla después de primera aplicación; donde los tratamientos T4 (*Trichoderma* sp.) y T2 (*Trichoderma harzianum*) se muestran con mayor daño de incidencia de la roya amarilla con 95.33 y

92.00 % respectivamente, a comparación de la figura 8, las incidencias encontradas antes de la primera aplicación, donde se encontraban estos tratamientos con 93.33 y 90.67 % respectivamente, se podría decir que, el *Trichoderma* aún no tuvo la actividad antagónica frente al hongo de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix*) durante los 10 días, pero sin embargo el tratamiento T3 (*Trichoderma* sp.) bajo en la primera aplicación de 96.67 a 92.67 % de incidencia de la roya amarilla, esto a que el tratamiento T3 (*Trichoderma* sp.) es nativa de la zona y es por eso que tiene la capacidad de adaptarse rápidamente y tener la capacidad antagonista frente a la roya amarilla. Según Guilcapi (2010), señala que algunos hongos de *Trichoderma* tiene la capacidad parasitar a otros se conoce como hiperparasitismo o micoparasitismo; hacia diferentes patógenos de plantas. Además Harman (2000), indica que el mecanismo se inicia con una presión mecánica a la hifa del patógeno, retracción de la membrana plasmática de la pared, degradación de la pared celular por acción de quitinasas del antagonista, penetración a la hifa del patógeno y asimilación del contenido celular, desorganización del citoplasma y finalmente inhibe la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo.

#### 4.1.3. Porcentaje de incidencia después de la tercera aplicación.

**Tabla 10.** Análisis de varianza de incidencia después de la tercera aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	4.98	2.49	0.04	4.10	7.56	0.9629	ns
Tratamientos	5	1395.78	279.16	4.26	3.33	5.64	0.0247	*
Error	10	656.05	65.60					
Total	17	2056.80						
CV=12.39 %		$\bar{X}=65.36$						

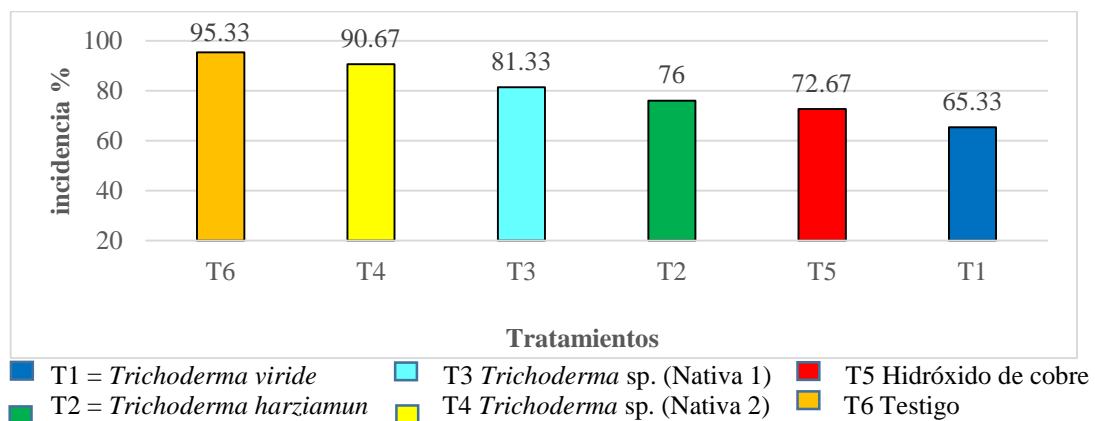
En la Tabla 10, se muestra de la incidencia de (*Hemileia vastatrix*) después de la tercera aplicación a los 30 días, en donde el análisis de varianza (ANVA), para bloques no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que entre bloque existe

homogeneidad en cuanto incidencia; y para tratamientos en estudio, existe diferencias estadísticamente significativa, esto indica, que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto de los tratamientos en porcentaje de incidencia de la roya amarilla en la tercera aplicación, el coeficiente de variación (CV) igual al 12.39% indica una confiabilidad de datos realizados, y que en experimento de campo lo aceptable es hasta 30% (Ochoa 2009).

**Tabla 11.** Prueba de Duncan para determinar la incidencia de la roya amarilla del café.

Orden de merito	Tratamientos	Promedio (%)	Duncan Agrupamiento		
1	T1 - <i>Trichoderma viride</i>	65.33	a		
2	T5 - Hidroxido de cobre	72.67	a		
3	T2 - <i>Trichoderma harziamun</i>	76.00	a	b	
4	T3 - <i>Trichoderma</i> sp.(nativa 1)	81.33	a	b	c
5	T4 - <i>Trichoderma</i> sp. (nativa 2)	90.67		b	c
6	T6 - Testigo	95.33			c

En la Tabla 11, se observa la prueba de comparación de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de café, se tiene mayor disminución de la incidencia de roya amarilla en la T1 (*Trichoderma viride*) con 65.33% seguido por los tratamiento T5, T2 y T3 con 72.67, 76 y 81.33 % respectivamente lo cual estos son estadísticamente iguales, también el T1 con el T6 (Testigo) cuyos promedios fueron 65.33 y 95.33 % son estadísticamente diferentes, lo cual estos últimos tuvieron menor disminución de incidencia.



**Figura 10.** Porcentaje de incidencia después de la tercera aplicación

En la Figura 10, se muestra la incidencia de la roya del cafeto después de la tercera aplicación, obteniendo menor porcentaje de daño de incidencia frente al tratamiento T6 (Testigo), siendo el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) con 65.33 % de incidencia. Debido a lo manifiesto por Fernández, (2001), que en un estudio de caracterización fisiológica de *Trichoderma* sp. indica que las temperaturas óptimas para su germinación y crecimiento fueron de 25 a 30 °C y para la zona de investigación fue 28.34 °C de temperatura promedio, es decir que, las condiciones de temperatura influyo para que el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) para que tenga respuesta en la reducción de la incidencia de la roya amarilla. Según Castro (2012), las conidias de *Trichoderma viride* al entrar en contacto con el hongo fitopatógeno, genera hijas o hilo que crecen paralelamente a la hifa del hongo dañino, después de reconocerlo se adhieren y lo penetra enrollándolo hasta que lo consuma (parasitismo) y compitiendo con el espacio, energía y luz. La producción de antibióticos por parte del *Trichoderma* hace que el área donde se desarrolla el hongo esté libre de otros hongos dañinos. Romo and Ávila (2012), sustentan que *Trichoderma* spp. tiene propiedades antifungosas y antibacteriales, gracias a que produce sustancias tales como: trichodermina, dermadina, sequisterpeno, trichotoxina y acetaldehído; adicionalmente están implicadas enzimas extracelulares como  $\beta$ -1,3 glucanasa, quitinasa y celulasa que degradan las paredes celulares del hospedante y posibilitan la penetración de las hifas del antagonista.

#### 4.1.4. Porcentaje de incidencia de roya amarilla en la quinta aplicación.

**Tabla 12.** Análisis de varianza de incidencia después de la quinta aplicación

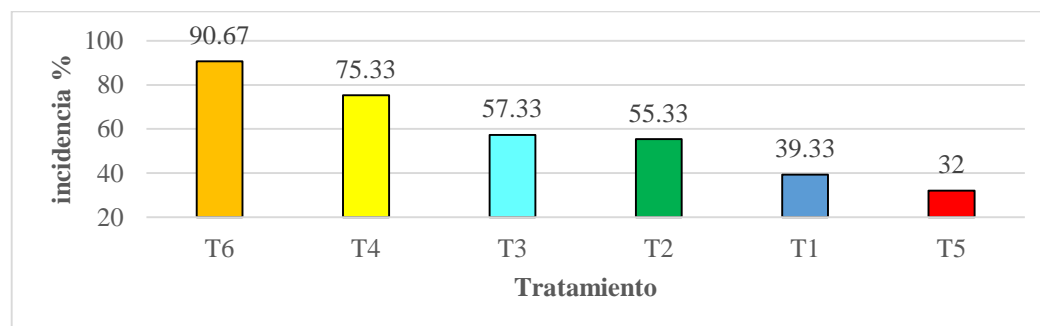
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft			Sig
					0.05	0.01	Pr > F	
Bloque	2	68.41	34.20	2.36	4.10	7.56	0.1449	ns
Tratamientos	5	3001.86	600.37	41.38	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	145.09	14.51					
Total	17	3215.36						
CV=7.53 %		$\bar{X}$ =50.60						

En la Tabla 12. Se muestra de la incidencia de (*Hemileia vastatrix*) después de la quinta aplicación, en donde el análisis de varianza (ANVA), para bloques no existe diferencia estadística significativa, indicando que entre bloque existe similares en cuanto incidencia, para los tratamientos en estudio, existe diferencias estadística altamente significativas, mostrando que entre los tratamientos difieren entre sí, además el coeficiente de variación (CV) igual al 7.53 % esto indica una confiabilidad de datos realizados.

**Tabla 13.** Prueba de Duncan para determinar la incidencia de la roya amarilla del café después de la quinta aplicación

Orden de merito	Tratamiento	Promedio (%)	Duncan Agrupamiento
1	T5 - Hidróxido de cobre	32	a
2	T1 - <i>Trichoderma viride</i>	39.33	a
3	T2 - <i>Trichoderma harzianum</i>	55.33	b
4	T3 - <i>Trichoderma sp.</i> (Nativa 1)	57.33	b
5	T4 - <i>Trichoderma sp.</i> (Nativa 2)	75.33	c
6	T6 - Testigo	90.67	d

En la Tabla 13 se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de café, el *Trichoderma viride* y el Hidróxido de cobre sobre salen en el efecto de control de roya amarilla siendo estos, iguales estadísticamente y superiores al resto de los tratamientos en estudio con 39.33 y 32.00 % respectivamente, sin embargo los tratamientos T2 (*Trichoderma harzianum*), T3 (Nativa 1) tuvieron similares porcentajes con 55.33, 57.33 % respectivamente.



■ T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma sp.* (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre  
 ■ T2 = *Trichoderma harzianum*      ■ T4 *Trichoderma sp.* (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 11.** Porcentaje de incidencia después de la quinta aplicación.

En la Figura 11, se muestra las promedios de incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) con mayor efecto en la incidencia los tratamiento T5 (Hidróxido de cobre) con 32 %, T1 (*Trichoderma viride*) y T2 (*Trichoderma harzianum*) con 39.33 y 55.33 % respectivamente, Según el reporte de Bartra (2017), la incidencia de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), con *Trichoderma harzianum* alcanzo porcentajes de 47.43% hasta 59%, similar al trabajo realizado y la cual hay confiabilidad del resultados, además Muñoz (2012), reporta que *Trichoderma viride* representa una opción de gran viabilidad para el control de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), lo cual atribuye directamente, *Trichoderma viride* se cataloga como un hongos ampliamente utilizado, por su efecto antagónico, contra diversos patógenos.

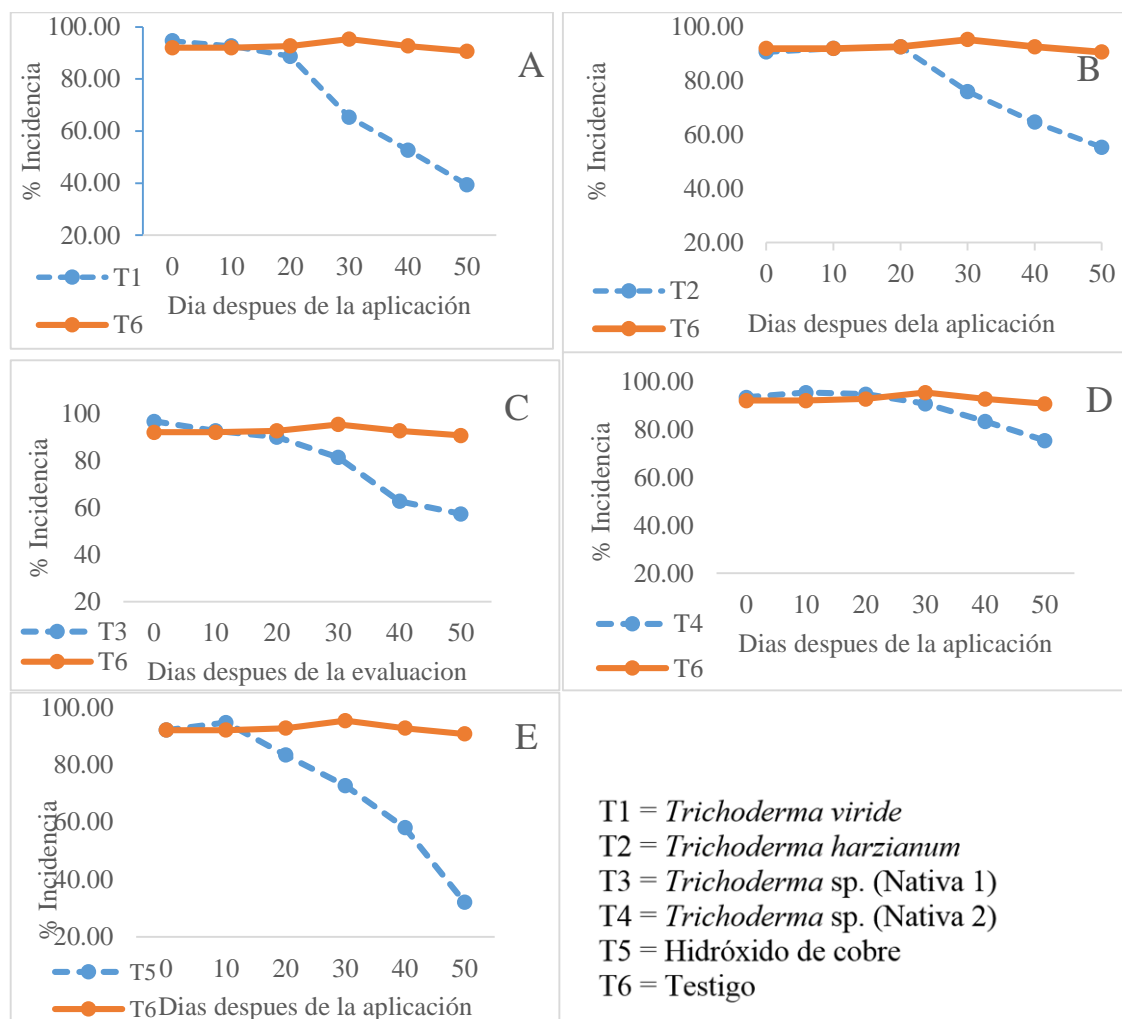


Figura 12. Curva de comparaciones entre los tratamientos y el testigo de la incidencia.

En la Figura 12, se observa la curva de comparaciones entre los tratamientos y el testigo de la incidencia de la roya amarilla del café (*Hemileia vastarix*) tratadas con cepas nativas y un químico en los meses de marzo y abril del 2019.

La primera evaluación para incidencia se realizó antes de la primera aplicación, en el estado fenológico del llenado de grano, en cual se encontraba con mayor porcentaje de hojas dañadas en la planta de café por (*Hemileia vastarix*) en la figura “A” se compara con el T1 (*Trichoderma veride*) antes de la primera aplicación se encontraba con 94.87 % en la cual empezó a disminuir al 39.33 % y el T6 (Testigo) 92 % y el final estuvo con 90.67 %, en la figura “B” T2 (*Trichoderma harzianum*) y T6 se observa que antes de la aplicación hasta después de la segunda aplicación en la cual se observa que estaba en el mismo porcentaje, y después de la quinta aplicación el T2 se encontró con 55.33 % y el testigo con 90.67% de incidencia, en la figura “C” el T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1) empezó con 96.67% y el T6 con 92 %, el T3 finalizo con 57.33%, T6 con 90.67% de incidencia, en la figura “D” el tratamiento T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2) con 75.33% no obtuvo mayores diferencia al finalizar con el T6. El tratamiento T5 (Hidróxido de cobre) redujo con 32 % de incidencia después de la quinta evaluación a los en 50 días.



**4.2. DETERMINAR EL EFECTO DEL *TRICHODERMA* SPP. (CEPAS NATIVAS Y COMERCIALES) E HIDRÓXIDO DE COBRE SOBRE LA SEVERIDAD Y AUDPC EN ROYA AMARILLA (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br) DEL CAFETO.**

**4.2.1. Porcentaje de severidad de la roya amarilla antes de la aplicación**

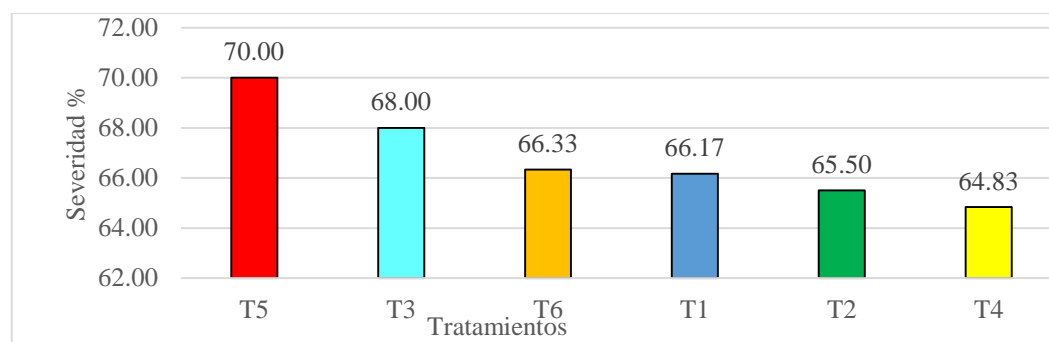
**Tabla 14.** Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla antes de la primera aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Pr >F	Sig.
					0.05	0.01		
Bloque	2	26.37	13.18	1.57	4.10	7.56	0.2553	ns
Tratamientos	5	19.72	3.94	0.47	3.33	5.64	0.7909	ns
Error	10	83.96	8.40					
Total	17	130.05						

CV = 5.28%

$\bar{X}$  = 54.87

En la Tabla 14 Se observa la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) antes de la primera aplicación con cepas de *Trichoderma* spp. donde el análisis de varianza (ANVA), para bloques no existe diferencias estadísticas significativas indicando que tienen similares porcentajes de severidad, para los tratamientos tampoco existe diferencias estadísticas significativas, esto nos indica que las cepas de *Trichoderma* spp. tienen similar porcentaje de severidad, además el coeficiente de variación (CV) igual al 5.28 % el cual es un rango aceptable estadísticamente en trabajos de campo.



■ T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre  
 ■ T2 = *Trichoderma harzianum*      ■ T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 13.** Porcentaje de severidad de roya amarilla antes de la primera aplicación.

En la Figura 13, se muestra el porcentaje de severidad de tejido dañados de (*Hemileia vastatrix*) donde no existe diferencia significativa, siendo los tratamientos T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2) con 64.83% y T2 (*Trichoderma harzianum*) con 65% donde se encontró con bajo porcentaje de tejido dañado, mientras los tratamientos T1 (*Trichoderma viride*) 66.17%, T6 (Testigo) 66.33%, T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1) con 68 % y T5 (Hidróxido de cobre) con 70 % tuvieron alto porcentaje de severidad.

Según Sanders (2019), señala que las lesiones por *Hemileia vastatrix* pueden desarrollarse en cualquier parte del envés de la hoja, aunque principalmente en los bordes donde se concentran las gotas de lluvia y rocío. Además Vásquez (2018), menciona que las esporas una vez depositada en el envés de la hoja emite 4 tubos germinativos en un período de 6 a 12 horas, estos tubos crecen hasta encontrar los estomas de la hoja. Allí el hongo requiere agua, poca luminosidad y temperaturas inferiores a 28°C, siendo además los factores que favorecen la dispersión del hongo se encuentran el viento. Según (Rivillas *et al.*, 2011), señala que las estructuras son encargadas de aferrarse a las células de las plantas de las cuales extrae los nutrientes para su crecimiento. A los 30 días de su germinación el hongo se considera suficientemente maduro y este desarrolla estructuras llamadas soros las cuales a su vez son las encargadas de producir nuevas urediniosporas.

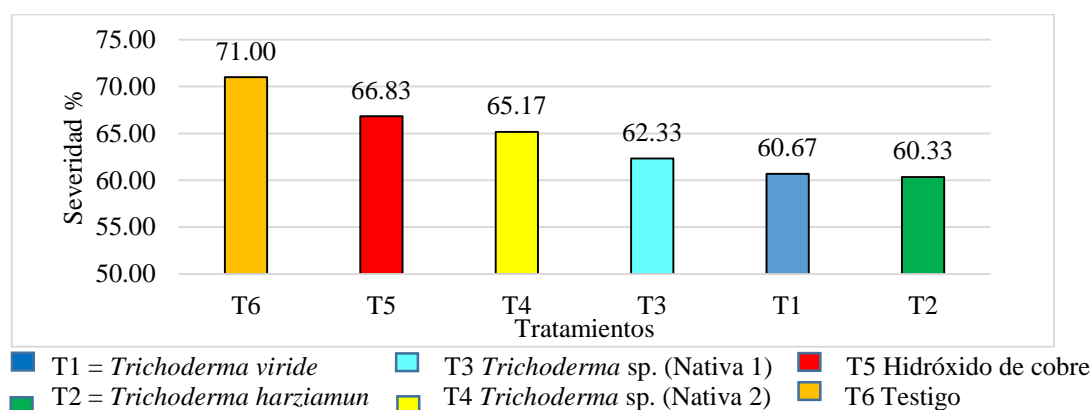
**4.2.2. Porcentaje de severidad después de la primera aplicación.**

**Tabla 15.** Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla después de la primera aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado s medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig.
					0.05	0.01		
Bloque	2	4.55	2.27	0.25	4.10	7.56	0.7845	ns
Tratamientos	5	92.58	18.52	2.03	3.33	5.64	0.1601	ns
Error	10	91.42	9.14					
Total	17	188.54						

CV=5.66%  $\bar{X}$ =53.42

En la Tabla 15, se muestra la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) después de la primera aplicación (a los 10 días) con cepas de *Trichoderma* spp., donde el análisis de varianza (ANVA), que para bloques no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que son iguales o similares, y para los tratamientos no existe diferencias estadísticas significativa, esto nos indica que tienen similar porcentaje de severidad de la roya amarilla, además el coeficiente de variación (CV) igual al 5.66 % nos indica la confiabilidad de los datos logrados.



**Figura 14.** Porcentaje de severidad después de la primera aplicación

En la Figura 14 se muestra que el tratamiento T6 (Testigo) tiene mayor porcentaje de severidad de la roya amarilla con 71.00 donde la enfermedad avanzó de acuerdo al transcurrir los días, como se puede observar anteriormente en la figura 13 se mostraba con 66.33 % de área afectada de la hoja (severidad); pero sin embargo los tratamientos T5 (Hidroxido de cobre), T4 (*Trichoderma harzianum*), T3 (*Trichoderma* sp), T1 (*Trichoderma viride*) y T2 (*Trichoderma harzianum*) tuvieron una reducción de severidad de (figura 13) 70.00, 64.83, 68.00, 66.17 y 65.60 a 66.83, 65.17, 62.33, 60.67 y 60.33 % respectivamente. Según Gómez (2017), señala que en algunos casos *Trichoderma* actúa sobre algunos patógenos debido a su capacidad de colonizar rápidamente el follaje; también puede colonizar extensivamente una superficie foliar intacta, existen diferentes formulaciones de hongos antagonistas y su uso depende del modo de acción. Además Castro (2012), indica que hongo *Trichoderma* spp. tiene la

capacidad de tomar los nutrientes de los hongos patógenos; compite con ellos o los degrada. También se alimenta de materia orgánica y compost favorecen su establecimiento en el suelo, sabiendo que en el análisis de suelo en la tabla 1 se encuentra con 2.54 % que es medio que puede llegar favorecer para el control de la roya del café, el hongo requiere de humedad para poder germinar. Además, tiene una velocidad bastante alta de crecimiento, por lo que es capaz de establecerse en el suelo y controlar enfermedades a los cultivos. Según Rayner (1972), menciona que la temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del cafeto, las temperaturas por debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las uredosporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la roya, temperatura por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo.

#### 4.2.3. Porcentaje de severidad después de la tercera aplicación.

**Tabla 16.** Análisis de varianza de severidad de la roya amarilla después tercera aplicación.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	5.05	2.52	0.2	4.10	7.56	0.821	ns
Tratamientos	5	1143.94	228.79	18.24	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	125.46	12.55					
Total	17	1274.45						
CV=8.37%		$\bar{X}$ =42.30						

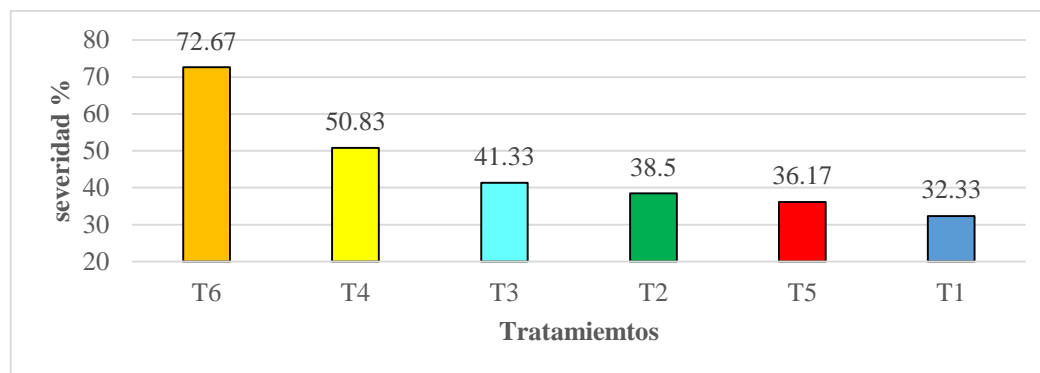
En la Tabla 16 Se muestra la severidad (*Hemileia vastatrix*) después de la tercera aplicación (a los 30 días), en donde el análisis de varianza (ANVA), para bloques no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que entre bloque son similares en severidad, para tratamientos en estudio existe diferencias estadística altamente significativas, esto indica que al menos uno de los tratamientos es diferente en

porcentaje de severidad de la roya amarilla, el coeficiente de variación (CV) igual al 8.37% indica una confiabilidad (Ochoa, 2009).

**Tabla 17.** Prueba comparación media de Duncan de severidad de la roya amarilla de café después de la tercera aplicación

Orden de merito	Tratamientos	Promedio (%)	Duncan	Agrupamiento
1	T1- <i>Trichoderma viride</i>	32.33	a	
2	T5 - hidróxido de cobre	36.17	a	
3	T2 - <i>Trichoderma harzianum</i>	38.50	a	
4	T3 - <i>Trichoderma</i> sp. (nativa 1)	41.33	a	b
5	T4 - <i>Trichoderma</i> sp. (nativa 2)	50.83		b
6	T6 - Testigo	72.67		c

En la Tabla 17 se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de café, se tiene menor tejidos afectados en severidad de roya amarilla en T1 (*Trichoderma viride*), T5 (Hidróxido de cobre), T2 (*Trichoderma harzianum*), T3 (Nativa 1) con 32.33, 36.15, 38.50, 41.33% donde estadísticamente son iguales, además T1 (*Trichoderma viride*) con el T6 (Testigo) son estadísticamente diferentes.



■ T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre  
 ■ T2 = *Trichoderma harzianum*      ■ T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 15.** Porcentaje de severidad después de la tercera aplicación

En la Figura 15, se muestra que el tratamiento T6 (Testigo) tiene mayor porcentaje de área dañada por *Hemileia vastatrix* de la roya amarilla con 72.67 donde esta enfermedad avanza de acuerdo al transcurrir los días, como se puede observar anteriormente en la figura 14 se mostraba con 71.00% de área afectada de la hoja (severidad); pero sin

embargo los tratamientos T1 (*Trichoderma viride*), T5 (Hidroxido de cobre), T2 (*Trichoderma* sp), T3 y T4 tuvieron una reducción de severidad. Rolz, De León, and Paniagua (2013), observaron un posible antagonismo de *Trichoderma* sobre *Hemileia vastatrix* como resultado de una invasión de micelio de *Trichoderma* sobre la *H. vastatrix* en la lesión de la hoja, así mismo Rivillas *et al.*, (2011), observaron una detención en la producción de micelio de los hongos patógenos al entrar en contacto con el micelio de *T. harzianu*. A los 15 y 20 días, *Trichoderma harzianum* invadió los diferentes hongos patógenos, esporulando sobre ellos. Estrada (2015), menciona que influye la temperatura y la humedad. Druzhinina, Kopchinskiy, and Kubicek (2006), mencionan que entre los principales modos de acción del *Trichoderma* se pueden destacar como; antibiosis, competencia, micoparasitismo y desactivación de enzimas de los patógenos, los metabolitos secretados por *Trichoderma* constituyen un grupo de compuestos volátiles y no volátiles.

Arias (2004), indica que algunas cepas de *Trichoderma* pueden activar un mecanismo de defensa en las plantas, conocido como Inducción de Resistencia Sistémica. Esto supone que puedan controlar a patógenos distantes del lugar donde se encuentra físicamente el antagonista, además produce una gran cantidad de enzimas, inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos.

#### 4.2.4. Porcentaje de severidad después de la quinta aplicación.

**Tabla 18.** Análisis de varianza severidad la de roya amarilla después quinta aplicación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	38.63	19.31	5.73	4.10	7.56	0.022	*
Tratamiento	5	3543.46	708.69	210.29	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	33.70	3.37					
Total	17	3615.79						
CV=5.49		$\bar{X}$ =32.45						

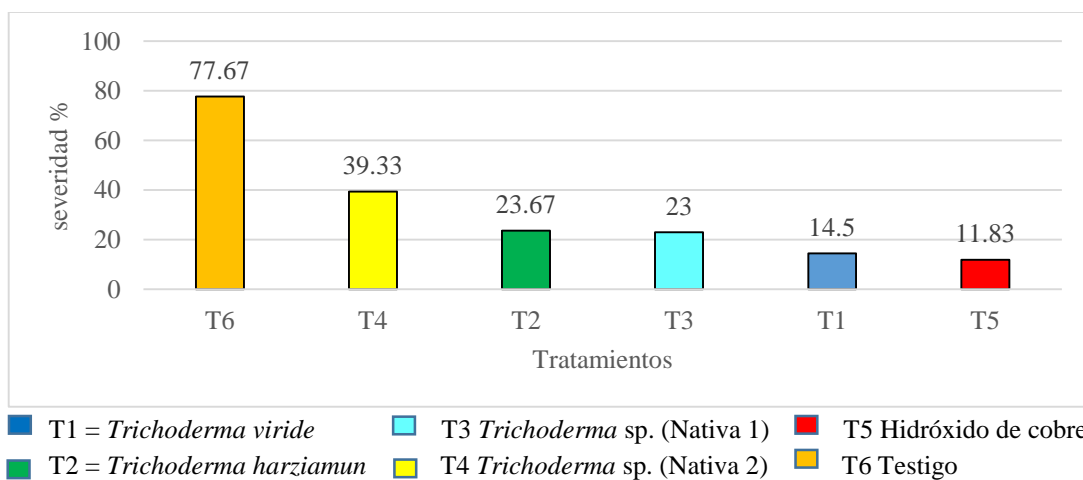
En la Tabla 18, se muestra para el análisis de varianza (ANVA) de severidad de la roya amarilla del café después de la quinta evaluación, para bloques existe estadística

significativa indicando que entre bloques son diferentes, para tratamientos en estudio, existe estadísticas altamente significativas indicando que al menos uno de los tratamientos es diferente en porcentaje de severidad de la roya amarilla, además el coeficiente de variación (CV) igual al 5.49 % nos indica que los datos son confiables.

**Tabla 19.** Prueba de comparación Duncan de severidad de roya del cafeto después de la quinta aplicación

Orden de merito	Tratamientos	Promedio (%)	Duncan Agrupamiento
6	T5 - Hidróxido de cobre	11.83	a
5	T1 - <i>Trichoderma viride</i>	14.50	a
4	T3 - <i>Trichoderma</i> sp. (Nativa 1)	23.00	b
3	T2 - <i>Trichoderma harzianum</i>	23.67	b
2	T4 - <i>Trichoderma</i> sp. (Nativa 2)	39.33	c
1	T6 - Testigo	77.67	d

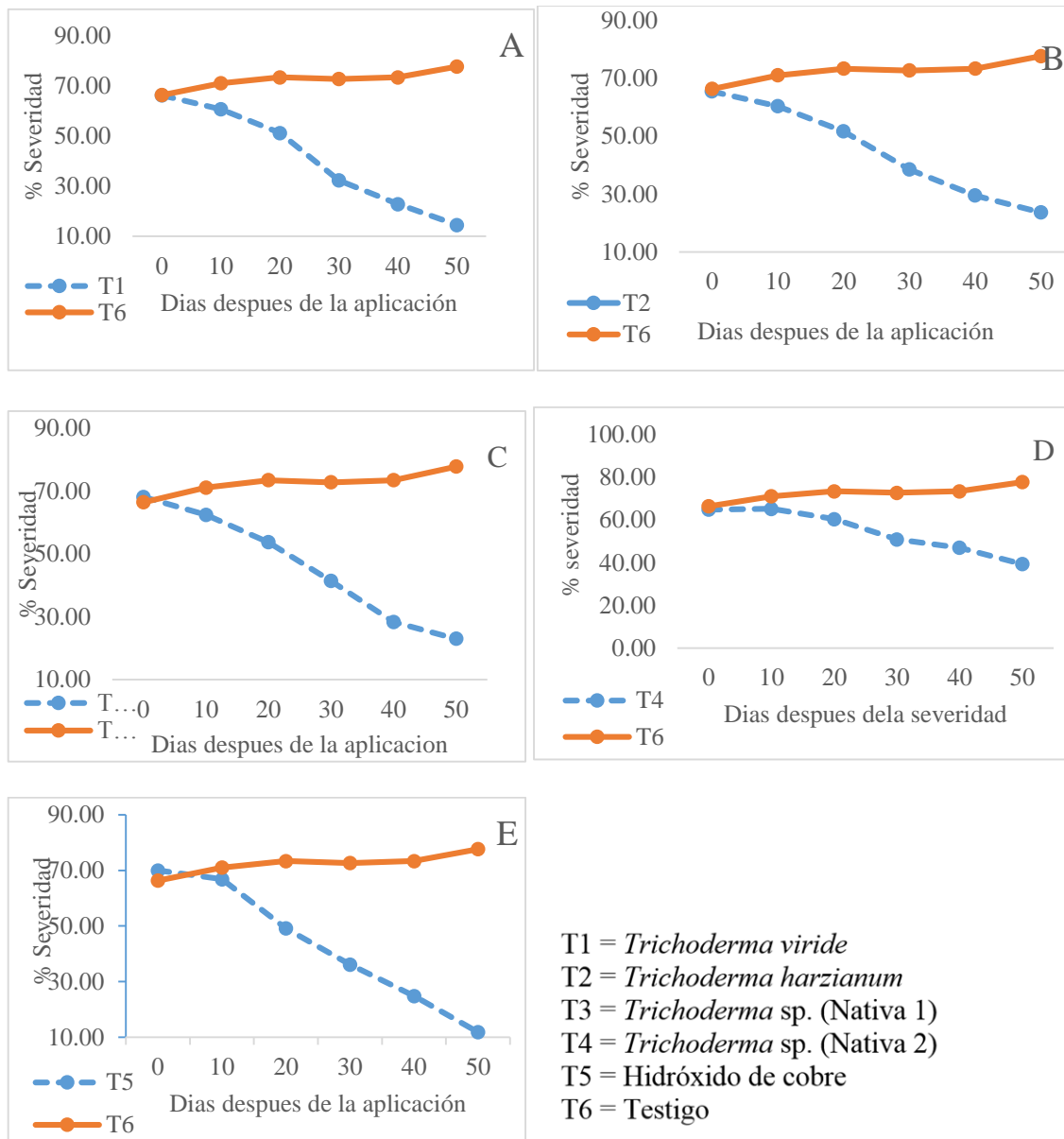
En la Tabla 19, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de cafeto, se tiene mayor disminución de incidencia de roya amarilla en T5 (Hidróxido de cobre) y T1 (*Trichoderma viride*) con 11.83 y 14.50 % donde estadísticamente son iguales, seguida por los tratamientos T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1), T2 (*Trichoderma harzianum*), con 23 y 23,67 % además T4 (*Trichoderma harzianum*) con el T6 (Testigo) son estadísticamente diferentes.



**Figura 16.** Porcentaje de severidad de la roya amarilla después de la quinta aplicación.

En la Figura 16 se muestra que el tratamiento T6 (Testigo) tiene mayor porcentaje de área dañada por *Hemileia vastatrix* de la roya amarilla con 77.67 donde esta enfermedad avanza de acuerdo al transcurrir los días, como se puede observar anteriormente en la figura 15 se mostraba con 72.67% de área afectada de la hoja (severidad); pero sin embargo los tratamientos T5 (Hidroxido de cobre), T1 (*Trichoderma viride*), T3 (*Trichoderma* sp), T2 y T4 tuvieron una reducción de severidad. Según Canjura *et al.*,(2002), el control químico es eficaz para el manejo de la roya; sin embargo, contamina el medio ambiente, así mismo alto costo de las aplicaciones y riesgo en su desarrollo de resistencia. Además Gómez (2017), señala que los microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* son una alternativa sana y limpia para combatir plagas y enfermedades en las plantas, Según Borrero and Silva (2005), menciona que las cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, presentan gran capacidad antagónica por su alta velocidad de crecimiento, demostrando ser unos organismos altamente agresivos en cuanto a la competencia por espacio inhibieron el crecimiento de los hongos.





**Figura 17.** Comparaciones entre los tratamientos y el testigo en severidad.

En la Figura 17, se muestra las curvas de comparaciones en cual la figura “A” el T1 (*Trichoderma viride*) redujo al 14.60 % se severidad después dela quinta aplicación, a comparación del tratamiento T6 aumento el porcentaje de severidad del 66.33 % al 77 .67 % pero sin embargo para el tratamiento T1 llego a bajar del 66.17 al 14.50 %, T2 del 65.50 al 23.67 %, T3 del 68 al 23%. T4 del 64.83 al 39.33, T5 del 70 % al 11.83 % este último teniendo un menor porcentaje de severidad de roya amarilla en la figura, “B” el tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum*) donde esto tiene con 23.60% de severidad después de la quinta evaluación y el T6 con 77.67 % seguidamente de las cepas nativas,

T3 con 23 % y luego T4 con 39.43 % y el control químico que logro reducir la severidad de 70.00 (figura 13) a 11.83 % de la enfermedad.

No se cuenta con información de control biológico en café utilizando a *Trichoderma spp*, aplicado al follaje, que permita comparar y confrontar los resultados obtenidos, sin embargo, sí, se cuenta con información en mango para el control de escoba de bruja (Solano (2004) , reportó que bajo condiciones de campo realizó aplicaciones al follaje e inflorescencias de cepas nativas y comerciales, obteniendo una menor severidad de la enfermedad cuando utilizó *Trichoderma spp*. (34%) en comparación con el fungicida benomil (53%), por lo que se logró reducir la severidad de la enfermedad en 19%, lo que demuestra un resultado favorable para el control biológico en enfermedades de la parte aérea lo que demuestra un resultado favorable para el control biológico en enfermedades de la parte aérea. Según Virginio and Astorga (2015), mencionan que una aplicación de control de la roya con diferentes dosis tiene un efecto de protección a las hojas de la planta reduciendo la severidad y el periodo de incubación de las pústulas.

Además Muñoz (2012), señala que *Trichoderma harziamun* coloniza rápidamente en las raíces de las plantas. *Trichoderma viride* en la parte aérea también ataca, parasita y/o se alimenta de otros hongos. Diferentes cepas de *Trichoderma* han mostrado un buen control de hongos patógenos en ensayos realizados.

Después de la cosecha se hizo el control de calidad de calificación sensoria del café en lo cual en la taza sensorial nos dio como resultado de: fragancia a vainilla, sabor a frutas cítricas, dulce a frutas frescas, cuyo puntaje fue de 84.75, esto indica que es de buena calidad a comparación de la anterior cosecha que obtuvo un puntaje de 75, esto quiere decir que al ser aplicado con *Trichoderma* eleva la taza sensorial.

En los rendimientos a un no hay reportes en cultivo de café, pero sin embargo por los reportes de Ortiz (2017) en su trabajo de investigación hace la comparación de promedios

de rendimiento de semillas de quinua var. Imilla negra, en donde hubo diferencias en rendimiento de semillas por cada cepa de *Trichoderma* sp en la evaluación realizada. En donde la Cepa *Trichoderma* 7, obtuvo el mayor rendimiento de semillas de quinua con 3893.70 kg/ha, seguido de las cepas *Trichoderma* 3 y *Trichoderma* 55 con rendimientos de 3801.95 y 3478.85 kg/ha respectivamente. En último lugar se ubica el testigo (sin *Trichoderma* sp) que solo tuvo 1412.60 kg/ha en promedio; y León (2016), en su trabajo de investigación reporta que, en los parámetros rendimiento, en donde todos los tratamientos que recibieron aplicaciones de *Trichoderma* sp fueron significativamente mayores al testigo (1141.27 kg/ha) con valores comprendidos entre 1445.34 kg/ha a 3127.3 kg/ha, siendo los tratamientos T1 (3127.3 kg/ha), T3 (3029.12 kg/ha) y T10 (3032.54 kg/ha) con mayor rendimiento.

#### 4.2.5. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)

**Tabla 20.** Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la severidad de la roya amarilla del café

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig.
					0.05	0.01		
Bloque	2	7.00	3.50	0.64	4.1	7.56	0.547	ns
Tratamientos	5	50.73	110.15	20.19	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	54.57	5.46					
Total	17	612.29						

CV=9.10 %

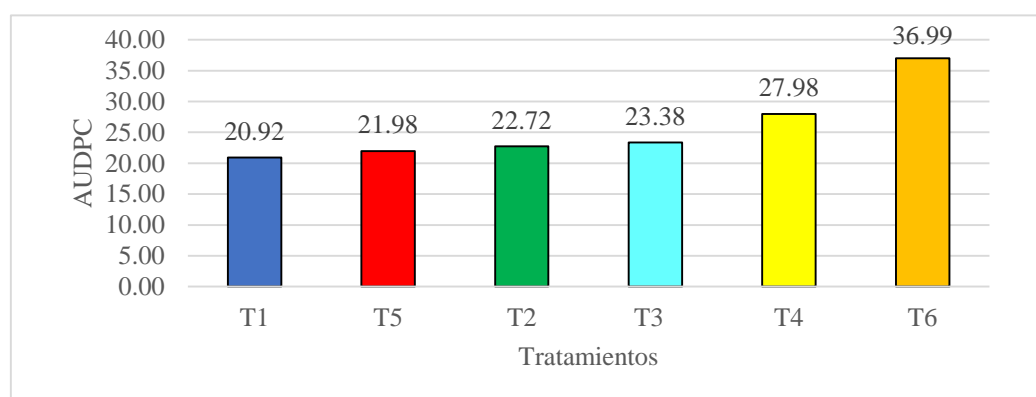
$\bar{X} = 25.66$

En la Tabla 20 análisis de varianza (ANOVA) del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) del café, se observa para bloques no existe diferencia estadística significativa, indicando que para bloques son similares, y para tratamientos en estudio existen diferencias estadísticas altamente significativas, esto indica que para los tratamientos existen diferencia o al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, además el coeficiente de variación CV fue de 9.84 % indicando que los resultados obtenidos en el experimento son confiables.

**Tabla 21.** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en cinco evaluaciones de severidad

Orden de merito	Tratamientos	Promedio (%)	Duncan Agrupamiento
1	T1 - <i>Trichoderma viride</i>	20.92	a
2	T5 - Hidróxido de cobre	21.98	a
3	T2 - <i>Trichoderma harzianum</i>	22.72	a
4	T3 - <i>Trichoderma</i> sp.(nativa 1)	23.38	a
5	T4 - <i>Trichoderma</i> sp.(nativa2)	27.98	b
6	T6 - Testigo	36.99	c

En la Tabla 21 prueba de comparación de Duncan ( $p>0.05$ ) para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, de las seis evaluaciones con los datos de severidad realizadas en campo experimental, en base al porcentaje de la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de cafeto, donde los tratamientos T1 (*Trichoderma viride*), T5 (Hidróxido de cobre), T2 (*Trichoderma harzianum*), T3 *Trichoderma* sp.(nativa 1) donde son estadísticamente iguales 20.92, 21.98 ,22.72 y 23.38 % respectivamente de área dañada siendo estos menor en comparación al T6 (testigo) con 36.99 % tejido afectado.



■ T1 = *Trichoderma viride*      ■ T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)      ■ T5 Hidróxido de cobre  
 ■ T2 = *Trichoderma harziamun*      ■ T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)      ■ T6 Testigo

**Figura 18.** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la roya amarilla.

En la Figura 18, los datos del AUDPC el vas alto valor fue T (Testigo) con 39.99 % de las cepas comerciales hizo más efecto el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) con 20.92 % seguidamente por el control químico T5 (Hidróxido de cobre) con 21.98 %, además el la cepas comercial T2 ubicada en tercer lugar con 22.72 % y luego las capas

nativas con 23.38, 27.98% según la prueba de comparación de Duncan. Según León *et al.*, (2013), mostró que en los valores área bajo la curva del progreso de la enfermedad, en aplicaciones foliares en quinua contra el mildiu, con *Trichoderma* sp. menores a todos los tratamiento, tanto en severidad. Según Mamani (2017), determinó que en los valores área bajo la curva del progreso de la enfermedad, por tratamiento de las cinco evaluaciones con datos severidad de la roya amarilla del cafeto, que obtuvo en base a los datos de porcentaje severidad, observo que el tratamiento que tuvo menor acumulación de tejido afectado fue el T1 con 56.625 unidades, y el tratamiento más susceptible al ataque de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. es el Testigo con 365 unidades de enfermedad acumulada.

## V. CONCLUSIONES

- En la incidencia, el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) obtuvo el mayor efecto con 39.33 % en comparación a los tratamientos T2 (*Trichoderma harzianum*) T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1), T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2) y siendo similar al tratamiento T5 (Hidróxido de cobre).
- En la severidad, el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) fue de mayor efecto con 14.50 % en comparación a los tratamientos T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1), T2 (*Trichoderma harzianum*), T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2), y siendo similar al tratamiento T5 (Hidróxido de cobre).
- Los valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad AUDPC; fueron menores en todos los tratamientos que recibieron aplicaciones de *Trichoderma* spp e Hidróxido de cobre, mientras que el tratamiento T6 (Testigo) tuvo el valor alto del AUDPC con 39.99 %, mostrando que el tratamiento T1 (*Trichoderma viride*) un valor menor de AUDPC con 20.92 % en comparación a los tratamientos T5 (Hidroxido de cobre), T2 (*Trichoderma harzianum*), T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1) y T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2).

## VI. RECOMENDACIONES

- Recomienda a seguir la investigación de aplicaciones con *Trichoderma* a diferentes concentraciones de conidios, para el control de la roya del cafeto, así poder obtener una dosis recomendable para su aplicación.
- Se recomienda el uso de microorganismos benéficos, *Trichoderma* spp. debido a que son una alternativa sana y limpia para combatir enfermedades en los diferentes cultivos.
- Se recomienda la producción de cepas nativas de *Trichoderma* de la zona en diversos sustratos como pulpa de café, cascara de naranja, granos maíz, rastrojos de cosecha, etc.
- Se recomienda la aplicación de manera preventiva de *Trichoderma* spp cuando el porcentaje de incidencia y severidad estén en primera fase (inicial).
- Divulgar los resultados del presente de investigación debido a que es una buena posibilidad desde un punto de vista orgánico y prevención del medio ambiente.

## VII. REFERENCIAS

- Agrios, G. N. (2005). Fitopatología. 2da Edición, limusa Mexico. 819p.
- Aguilera y Ávila, D. O. (2013). Descripción de las principales plagas insectiles y enfermedades en cafeto (*Coffea arabica* L.) var. typica y formas de control en Jaén-Cajamarca, Peru 2012.
- Alvarado, H. L. E. (2016). Caracterización Agronómica de 95 accesiones de café en el banco de germoplasma en San Ramón, Chanchamayo, Perú. 98 p.
- Alzate, O. N. (2015). Importancia del gen sh3 y su relación con la resistencia a la enfermedad roya del cafeto *Hemileia vastatrix* bajo la modalidad de compilación bibliográfica. Costa Rica.
- Arcila, J., FARFAN, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Colombia. 50 p.
- Arias, M. (2004). Hongos antagonistas o micopatógenos. Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Harmonia (Ed.), 59-62 pp.
- Avelino, J., & Rivas, G. G. (2013). La roya anaranjada del cafeto: Versión electrónica n° 1 del 2013. Colombia. 12 p.
- Ayre, P. J. (2017). Producción de café con responsabilidad ambiental.- Lima: Programa Regional Centro - UOT Selva Central., Producción sostenible / Café / Sistemas agroforestales / Medioambiente, 66 p.
- Barquero, M. (2013). Manual práctico de Control Interno: Teoría y aplicación practica. Bolivia. 105 p.
- Barrera, S. M. E. (2015). Evaluación de la eficacia de fungicidas para el control de roya del café ocasionado por *Hemileia vastatrix* Berk & Br. diagnóstico y servicios realizados en BAYER SA, Departamento de Desarrollo Agronómico, Guatemala, C. A. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Bartra, L. A. H. (2017). Efecto de control del *Trichoderma harzianum* Rifai Y fungicidas en el control de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. en el Distrito de Hermilio Valdizán–Huánuco. Perú.
- Blanco, M., Hagggar, J., Moraga, P., del Carmen Madriz, J., & Pavón, G. (2003). Morfología del café (*Coffea arabica* L.), en lotes comerciales. Nicaragua. Agronomía Mesoamericana, 14 (1), 97-103 pp.



- Bolívar, C. (2009). Monografía sobre el galactomanano del grano de café y su importancia en el procesamiento para la obtención de café soluble. Costa Rica.
- Borrero, C., & Silva, M. (2005). Efectos de trichoderma (in vitro) en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisol clase IV del piedemonte llanero. *Orinoquia*, 9(2), 6-14 pp.
- Cafelab. (2018). La roya: plaga catastrófica para el café, Cafelab. Lima, Peru. 2 p.
- Canjura, S., Evelyn M, Sánchez, G., Vera, Krauss, U., & Somarriba, E. (2002). Reproducción masiva de *Verticillium* sp., Hiperparásito de la roya del café, *Hemileia vastatrix*.
- Cañedo, V. A. T. (2004). Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Centro Internacional de la Papa. Lima, Peru.
- Cárdenas, I. S. (2007). Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE: CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Carhuavilca, G. N. L. (2011). Evaluacion de la eficacia de especies de *Trichoderma* spp. en el control del ojo de pollo del, cafe en la proincia de convencion. Titulo para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo Tropical. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Perú. 130 pp.
- Castañeda, E. ( 1997). Manual técnico cafetalero: Proyecto ADEX – USAID. Lima, Perú. 162 p.
- Castro, R. y. (2012). *Trichoderma* spp modos de acción eficacia y usos en el cultivo de café.
- CECOVASA y CAC, S. J. O. 2018. Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras - CECOVASA y la Cooperativa Agraria Cafetalera San Juan del Oro Puno - Perú.
- CICAFFE. (2013). Roya de cafe, Programa de Fitopatología Centro de Investigaciones en Café. Lima, Peru. 2 p.
- Druzhinina, I. S., Kopchinskiy, A. G., & Kubicek, C. P. (2006). The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. *Mycoscience*, 47(2), 55 pp.
- Durán, L. J. A. (2013). Epidemiología de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) durante las épocas seca y lluviosa en tres niveles altitudinales de El Salvador. Universidad de El Salvador. Mexico.
- Estrada, C., Percy. (2015). severidad *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. en plantaciones de cuatro variedades de *Coffea arabica* L. en rio negro d Satipo. Escuela Académica Profesional de Agronomía Tropical.

- Fernández, L. V., O. . (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario.
- Finney, R. E. S., G. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *phytopathology*. 67- 1056 pp.
- Fundes, G. (2012). manual de café y cacao (gaby oblitás. Segunda edición ). Santa Beatriz, lima, Perú.
- García, R., D. A. . (2013). Incidencia y Severidad de la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*) y evaluación de alternativas químicas para su control. Tesis para título de Ingeniero Agrónomo, con énfasis en cultivo tropicales en el grado académico de licenciado. Ecuador.
- Gómez, B., Tania, María. (2017). Evaluación de diferentes medios de cultivo y condiciones para la producción de conidios de *Trichoderma* spp mediante fermentación en líquido y sólido. Ecuador.
- Guerra, G. P., & David, A. (2015). Diseño e implementación de un protocolo para mejorar la producción y conservación de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como aporte a los productos de café orgánico de la asociación Río Intag cantón Cotacachi.
- Guilcapi, P. E. D. (2010). Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad caturra a nivel de vivero. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Harman, G. E. (2000). Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant disease*, 84(4), 377-393 pp.
- Heredía, B. (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. *Primera Edición*, 72 p.
- Hernández, M., Gerardo, Velázquez, P., Tonatiuh. (2016). Análisis integral sobre la roya del café y su control. *RINDERESU*, 1(1), 92-99 pp.
- Herrera, H., D., F. (2019). Comercio Internacional y Análisis de los precios del café. UTMACH, Ecuador 30 p.
- INEI. (2018). Producción de Café en Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 10 p.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de protección vegetal*, 24(1), 14-21 pp.
- León, A., D, L., Paniagua, O., Castro, A., Hagggar, J., Harman, G., & Avila, C. (2013). Evidencia de un antagonismo in vitro de especies de *Trichoderma* contra

- Hemileia vastatrix (roya del café). Centro de Ingeniería Bioquímica, Instituto de Investigaciones. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 25.
- León, T., B. (2016). Biocontrol del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con cepas de *Trichoderma* sp. con capacidad endofítica. Tesis para optar el grado académico de: Doctoris Scientiae en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 128 p.
- López, B. D. F. (2010). Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Mamani H., G. (2017). Aislamiento y caracterización de hongos endófitos del cafeto (*Coffea arabica* L.) como biocontrolador de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix* berk. & br.) y promotor de crecimiento. San Juan del Oro. Puno, Peru.
- Mamani, Q. J. H. (2016). Biocontrol de la Roya Amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). del cafeto var. caturra con *lecanicillium lecanii* (Zimmerman Gams & Zare). San Pedro de Putina Punco. Puno, Perú. 68 p.
- Mantupa, W. (2016). Diagnóstico de la Incidencia y Severidad de la Roya Amarilla (*Hemileia vastatrix*) en cultivares de café en el sector de Mandor distrito de Maranura la Convención-Cusco, Perú.
- Martínez, D., Infante, B., Noyma, González y Yusimy, Reyes. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. [Dpto. Fitopatología, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apartado 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Correo electrónico: danay@censa.edu.cu, (UNAH). San José de las Lajas, La Habana, Cuba.]. *Rev. Protección Veg.* Vol. 24. 14-21 pp.
- MINAGRI. (2018). Producción de Café en Puno Ministerio de Agricultura y Riego 15 p.
- Muñoz, S. A. (2012). Efectividad biológica del producto esporalis en el control de roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café biological effectiveness of the product esporalis in the control of rust (*Hemilia vastatrix*) in the cultivation of coffee. Colombia.
- Ochoa, R.T. (2009). Diseños experimentales. 2da. Ed. La Paz-Bolivia. 385. Recuperada: <https://wiartur.files.wordpress.com › kuehl-diseno-de-experimentos>.

- Ortiz, N. (2017). Biofertilización con cepas de *trichoderma* sp sobre el crecimiento y nutrición de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. salcedo inia en condiciones de invernadero. Tesis de pre grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional del altiplano. Puno, Perú. 178 p.
- Otiniano, A. J., Carhuallanqui, R., Vera N. J., Amez, S. B., Costa, R. C., Echevarría, C., & Borjas, R. (2018). Efecto de la sombra y la fertilización sobre las principales plagas del café var. “Catimor” en Villa Rica. Pasco, Perú.
- Rayner, R. (1972). Micología, Historia y Biología de la roya del cafeto: IICA, Turrialba. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- Rivillas, C., Serna, C., Cristancho, M., & Gaitan, A. (2011). La roya del cafeto en Colombia: Impacto manejo y costos del control. Colombia.
- Rojas, G. N. B. (2018). Evaluación del Efecto de la Poda, Para la Reducción de la Incidencia y Severidad de la Enfermedad “Roya Amarilla” (*Hemileia vastatrix*), del Cultivo de Café (*Coffea Arábica* L.) en la Sub – Central Agraria Alto Lima – Caranavi – La Paz, Bolivia.
- Rolz, A., De León, L., & Paniagua, O. (2013). Evidencia de un antagonismo in vitro de especies de *Trichoderma* contra *Hemileia vastatrix* (roya del café). Centro de Ingeniería Bioquímica, Instituto de Investigaciones. Universidad del Valle de Guatemala. Revista, Guatemala. 25 p.
- Romero, V. G. (2018). Eficiencia de *Trichoderma viride* como un biocontrolador para *Phytophthora capsici* en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), Chile.
- Romo, J., & Ávila, C. (2012). *Trichoderma* spp. como agente de control biológico (parte I). Avances Agropecuarios. Órgano Informativo del departamento de agricultura y ganadería de la Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. México. 2 p.
- Saboya, P. A. (2019). Evaluación del efecto bioprotector de hongos micorrízicos arbusculares nativos sobre roya (*Hemileia vastatrix*) en café (*Coffea arabica*) variedad caturra bajo condiciones de vivero en la Región San Martín, Perú.
- Sanders, M. (2019). Breeding for Coffee Leaf Rust Resilience in *Coffea* sp. *Natural Sciences Education*, 48(1).
- SENASA. (2003). Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto. Dirección de Programas Fitosanitarios. Lima. Perú.

- SENASA. (2018). Roya amarilla del cafeto y perdida en los ultimos años. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 6 p.
- SENASICA. (2016). Roya Del Cafeto *Hemileia Vastatrix* Berkeley & Broome, Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 23 P.
- Sivila, N., & Alvarez, S. (2013). Producción artesanal de *Trichoderma*. Tecnologías para la agricultura familiar. Tecnologías agroecológicas para la agricultura familiar. Ed. Universitaria de Jujuy. Jujuy.
- Solano, P. (2004). Control biológico de la escoba de bruja del mango con *Trichoderma spp*. Tesis de licenciatura.
- Vásquez, G. J. (2018). Factores que influyeron en la presencia, manejo y control de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix*), en la Provincia Rodríguez de Mendoza–Región Amazonas. Perú.
- Virginio, E., & Astorga, C. (2015). Prevención y control de la roya del café. Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 98 p.
- Yábar, L. M. (2013). Manejo integrado de la roya amarilla del cafeto. Manual. Colombia.
- Zhirvi, C. M. (2016). Evaluacion de Dos Especies Nativas y una Comercial de *Trichoderma sp.* como Agente de Control de Hongos que ocasionan el Danping Off. (*Rhizoctonia spp*) en Semilleros de Cafe (*Coffea arabica L.*) var. Bourbon., Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca. Ecuador. 62 p.



## ANEXOS



**Figura 19.** Demarcación de campo con sus respectivas etiquetas A. color azul para nativa 1. B. color blanca para *Trichoderma viride*. C. color rosado para nativa 2. D. color amarillo para *Trichoderma harzianum*.



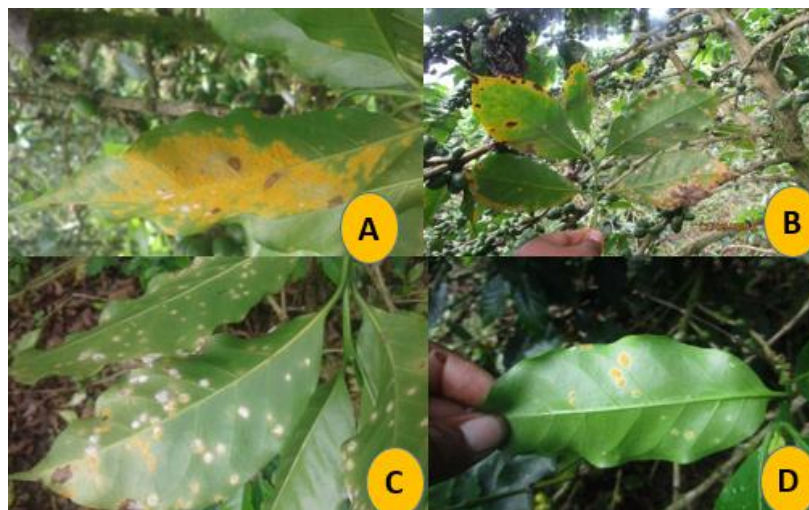
**Figura 20.** Realizando evaluaciones en campo experimental.



**Figura 21.** Preparación de *Trichoderma* spp. para le aplicación. A. mesclado. B. lavado de conidios



**Figura 22.** Aplicación de los tratamientos.



**Figura 23.** Evaluaciones realizadas en campo. A. la antes de la primera aplicación. B. después de la primera aplicación. C. después dela tercera aplicación. D. la última evaluación.

**Tabla 22.** Datos evaluados de incidencia de la planta de café en el sector de Alto Pauji, distrito de San Pedro de Putina Punco

Bloque	Trat.	Planta	1ra - Eval.	2da- Eval.	3ra – Eval.	4ta- Eval.	5ta- Eval.	6ta - Eval.
I	T1	1	100	100	100	80	70	50
I	T1	2	100	90	80	60	60	50
I	T1	3	100	100	100	80	60	40
I	T1	4	90	100	90	70	70	50
I	T1	5	100	80	90	60	60	50
		<b>Prom</b>	<b>98</b>	<b>94</b>	<b>92</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
I	T2	1	90	90	90	70	70	50
I	T2	2	100	90	90	80	60	50
I	T2	3	100	100	100	70	60	60
I	T2	4	100	100	100	90	70	50
I	T2	5	100	100	100	80	80	80
		<b>Prom</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>78</b>	<b>68</b>	<b>58</b>
I	T3	1	100	90	90	80	80	60
I	T3	2	100	90	90	70	70	60
I	T3	3	100	90	90	60	70	50
I	T3	4	100	100	100	90	60	50
I	T3	5	100	90	80	60	50	60
		<b>Prom</b>	<b>100</b>	<b>92</b>	<b>90</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>56</b>
I	T4	1	100	100	100	100	100	90
I	T4	2	90	90	100	100	90	80
I	T4	3	100	100	100	100	90	90
I	T4	4	90	100	100	100	90	70
I	T4	5	100	100	100	100	90	80



		<b>Prom</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>92</b>	<b>82</b>
I	T5	1	100	100	80	50	40	40
I	T5	2	90	100	90	60	50	30
I	T5	3	90	100	80	60	50	20
I	T5	4	90	100	80	60	50	30
I	T5	5	100	80	80	60	40	40
		<b>Prom</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>82</b>	<b>58</b>	<b>46</b>	<b>32</b>
I	T6	1	100	90	100	90	90	90
I	T6	2	100	90	90	90	90	100
I	T6	3	90	80	80	100	100	90
I	T6	4	90	80	100	100	90	100
I	T6	5	70	100	100	100	90	100
		<b>Prom</b>	<b>90</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>92</b>	<b>96</b>
II	T1	1	90	90	80	60	40	30
II	T1	2	90	100	80	60	40	30
II	T1	3	100	90	100	70	60	40
II	T1	4	90	90	70	60	40	30
II	T1	5	100	90	80	60	40	40
		<b>Prom</b>	<b>94</b>	<b>92</b>	<b>82</b>	<b>62</b>	<b>44</b>	<b>34</b>
II	T2	1	100	100	100	90	90	80
II	T2	2	80	90	90	60	50	50
II	T2	3	90	80	100	100	60	50
II	T2	4	100	100	100	60	90	50
II	T2	5	80	90	80	60	70	60
		<b>Prom</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>58</b>
II	T3	1	80	90	80	80	50	50
II	T3	2	100	100	90	90	60	60
II	T3	3	100	90	80	80	50	60
II	T3	4	90	100	100	100	50	50
II	T3	5	100	90	80	70	50	60
		<b>Prom</b>	<b>94</b>	<b>94</b>	<b>86</b>	<b>84</b>	<b>52</b>	<b>56</b>
II	T4	1	100	100	90	90	90	70
II	T4	2	100	100	90	100	100	80
II	T4	3	90	100	80	90	70	80
II	T4	4	100	100	90	100	90	70
II	T4	5	90	100	90	90	80	70
		<b>Prom</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>86</b>	<b>74</b>
II	T5	1	100	90	80	80	70	40
II	T5	2	90	90	60	80	70	40
II	T5	3	90	100	100	80	70	30
II	T5	4	80	100	80	70	30	40
II	T5	5	90	90	80	70	50	50
		<b>Prom</b>	<b>90</b>	<b>94</b>	<b>80</b>	<b>76</b>	<b>58</b>	<b>40</b>
II	T6	1	80	90	90	100	90	80
II	T6	2	100	90	100	80	90	80
II	T6	3	100	90	100	100	100	90
II	T6	4	80	100	80	90	90	80
II	T6	5	90	90	80	90	100	90

		<b>Prom</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>84</b>
III	T1	1	100	80	100	70	40	30
III	T1	2	90	90	100	60	40	40
III	T1	3	90	100	90	60	70	30
III	T1	4	90	100	90	70	40	40
III	T1	5	90	90	80	60	60	40
		<b>Prom</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>64</b>	<b>50</b>	<b>36</b>
III	T2	1	70	70	70	60	40	50
III	T2	2	100	90	100	90	70	40
III	T2	3	80	90	100	80	40	50
III	T2	4	80	100	80	70	60	60
III	T2	5	90	90	90	80	60	50
		<b>Prom</b>	<b>84</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>76</b>	<b>54</b>	<b>50</b>
III	T3	1	100	90	100	100	70	70
III	T3	2	100	90	100	90	60	50
III	T3	3	100	100	100	90	80	70
III	T3	4	90	90	80	80	80	60
III	T3	5	90	90	90	80	60	50
		<b>Prom</b>	<b>96</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>88</b>	<b>70</b>	<b>60</b>
III	T4	1	80	90	90	80	70	70
III	T4	2	90	90	100	80	70	70
III	T4	3	100	80	90	70	80	80
III	T4	4	90	90	100	80	80	70
III	T4	5	80	90	100	80	60	60
		<b>Prom</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>96</b>	<b>78</b>	<b>72</b>	<b>70</b>
III	T5	1	100	100	100	90	70	30
III	T5	2	90	100	90	100	80	20
III	T5	3	90	90	90	100	70	30
III	T5	4	90	90	80	50	70	20
III	T5	5	90	90	80	80	60	20
		<b>Prom</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>88</b>	<b>84</b>	<b>70</b>	<b>24</b>
III	T6	1	90	90	80	100	100	90
III	T6	2	100	90	100	90	80	90
III	T6	3	100	100	90	100	90	90
III	T6	4	100	100	100	100	100	90
III	T6	5	90	100	100	100	90	100
		<b>Prom</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>94</b>	<b>98</b>	<b>92</b>	<b>92</b>

**Tabla 23.** Datos evaluados de severidad Promediados de la evaluación de cada evaluación

Bloque	Trat.	Planta	1ra- Eval.	2da- Eval.	3ra- Eval	4ta- Eval.	5ta- Eval.	6ta - Eval.
I	T1	1	67.5	65	52.5	42.5	30	20
I	T1	2	85	67.5	45	30	27.5	20
I	T1	3	77.5	72.5	62.5	42.5	25	15
I	T1	4	67.5	67.5	55	32.5	27.5	15
I	T1	5	52.5	47.5	47.5	30	25	17.5
		<b>Prom</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>52.5</b>	<b>35.5</b>	<b>27</b>	<b>17.5</b>
I	T2	1	52.5	47.5	45	32.5	27.5	22.5
I	T2	2	70	47.5	47.5	32.5	22.5	17.5
I	T2	3	75	72.5	72.5	40	30	30
I	T2	4	80	67.5	67.5	45	32.5	25
I	T2	5	67.5	70	60	45	40	35
		<b>Prom</b>	<b>69</b>	<b>61</b>	<b>58.5</b>	<b>39</b>	<b>30.5</b>	<b>26</b>
I	T3	1	67.5	60	52.5	37.5	37.5	25
I	T3	2	65	50	45	32.5	27.5	22.5
I	T3	3	62.5	47.5	52.5	27.5	30	25
I	T3	4	72.5	70	55	47.5	27.5	22.5
I	T3	5	67.5	57.5	47.5	27.5	20	22.5
		<b>Prom</b>	<b>67</b>	<b>57</b>	<b>50.5</b>	<b>34.5</b>	<b>28.5</b>	<b>23.5</b>
I	T4	1	80	75	70	60	50	47.5
I	T4	2	70	67.5	65	55	52.5	45
I	T4	3	82.5	77.5	77.5	60	52.5	47.5
I	T4	4	65	65	67.5	60	55	40
I	T4	5	70	67.5	62.5	60	57.5	47.5
		<b>Prom</b>	<b>73.5</b>	<b>70.5</b>	<b>68.5</b>	<b>59</b>	<b>53.5</b>	<b>45.5</b>
I	T5	1	75	75	50	27.5	15	12.5
I	T5	2	57.5	60	47.5	27.5	17.5	12.5
I	T5	3	72.5	75	47.5	25	17.5	10
I	T5	4	70	72.5	47.5	30	20	15
I	T5	5	60	52.5	37.5	27.5	17.5	12.5
		<b>Prom</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>46</b>	<b>27.5</b>	<b>17.5</b>	<b>12.5</b>
I	T6	1	82.5	77.5	85	75	75	75
I	T6	2	77.5	70	70	67.5	65	92.5
I	T6	3	67.5	65	60	75	82.5	70
I	T6	4	65	62.5	72.5	70	72.5	80
I	T6	5	60	82.5	85	80	65	87.5
		<b>Prom</b>	<b>70.5</b>	<b>71.5</b>	<b>74.5</b>	<b>73.5</b>	<b>72</b>	<b>81</b>
II	T1	1	57.5	55	45	27.5	20	12.5
II	T1	2	60	62.5	42.5	30	20	10
II	T1	3	70	55	52.5	32.5	27.5	15
II	T1	4	65	57.5	40	27.5	12.5	12.5
II	T1	5	67.5	52.5	40	27.5	17.5	12.5
		<b>Prom</b>	<b>64</b>	<b>56.5</b>	<b>44</b>	<b>29</b>	<b>19.5</b>	<b>12.5</b>

II	T2	1	82.5	77.5	45	50	47.5	40
II	T2	2	57.5	52.5	42.5	32.5	25	20
II	T2	3	60	52.5	52.5	50	25	22.5
II	T2	4	80	67.5	40	27.5	37.5	20
II	T2	5	57.5	57.5	40	30	32.5	20
		<b>Prom</b>	<b>67.5</b>	<b>61.5</b>	<b>44</b>	<b>38</b>	<b>33.5</b>	<b>24.5</b>
II	T3	1	52.5	52.5	47.5	40	20	17.5
II	T3	2	70	67.5	55	40	27.5	25
II	T3	3	65	50	40	37.5	20	27.5
II	T3	4	67.5	70	65	55	22.5	25
II	T3	5	67.5	57.5	45	35	22.5	25
		<b>Prom</b>	<b>64.5</b>	<b>59.5</b>	<b>50.5</b>	<b>41.5</b>	<b>22.5</b>	<b>24</b>
II	T4	1	75	77.5	57.5	52.5	55	42.5
II	T4	2	67.5	70	57.5	52.5	57.5	42.5
II	T4	3	52.5	70	50	50	37.5	42.5
II	T4	4	55	60	52.5	50	55	40
II	T4	5	62.5	65	62.5	47.5	42.5	30
		<b>Prom</b>	<b>62.5</b>	<b>68.5</b>	<b>56</b>	<b>50.5</b>	<b>49.5</b>	<b>39.5</b>
II	T5	1	77.5	60	45	37.5	27.5	15
II	T5	2	75	67.5	30	35	30	15
II	T5	3	65	70	52.5	40	32.5	10
II	T5	4	62.5	62.5	47.5	47.5	12.5	12.5
II	T5	5	62.5	62.5	45	32.5	17.5	20
		<b>Prom</b>	<b>68.5</b>	<b>64.5</b>	<b>44</b>	<b>38.5</b>	<b>24</b>	<b>14.5</b>
II	T6	1	50	65	72.5	70	67.5	65
II	T6	2	80	75	80	62.5	70	67.5
II	T6	3	67.5	70	77.5	82.5	77.5	85
II	T6	4	52.5	70	65	65	70	72.5
II	T6	5	57.5	65	60	70	77.5	80
		<b>Prom</b>	<b>61.5</b>	<b>69</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>72.5</b>	<b>74</b>
III	T1	1	60	50	57.5	35	20	10
III	T1	2	67.5	67.5	67.5	35	20	17.5
III	T1	3	72.5	67.5	62.5	30	27.5	12.5
III	T1	4	60	62.5	52.5	32.5	17.5	15
III	T1	5	62.5	60	45	30	25	12.5
		<b>Prom</b>	<b>64.5</b>	<b>61.5</b>	<b>57</b>	<b>32.5</b>	<b>22</b>	<b>13.5</b>
III	T2	1	47.5	40	30	27.5	15	22.5
III	T2	2	70	65	65	50	35	17.5
III	T2	3	55	57.5	57.5	40	17.5	20
III	T2	4	60	62.5	52.5	35	25	20
III	T2	5	67.5	67.5	57.5	40	30	22.5
		<b>Prom</b>	<b>60</b>	<b>58.5</b>	<b>52.5</b>	<b>38.5</b>	<b>24.5</b>	<b>20.5</b>
III	T3	1	72.5	70	67.5	55	37.5	25
III	T3	2	70	67.5	55	45	30	22.5
III	T3	3	77.5	77.5	72.5	50	40	20
III	T3	4	72.5	72.5	52.5	45	37.5	22.5
III	T3	5	70	65	52.5	45	25	17.5
		<b>Prom</b>	<b>72.5</b>	<b>70.5</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>21.5</b>

III	T4	1	50	50	47.5	40	45	37.5
III	T4	2	65	65	62.5	42.5	37.5	37.5
III	T4	3	60	47.5	55	42.5	35	32.5
III	T4	4	65	65	60	52.5	45	35
III	T4	5	52.5	55	57.5	37.5	27.5	22.5
		<b>Prom</b>	<b>58.5</b>	<b>56.5</b>	<b>56.5</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>33</b>
III	T5	1	87.5	85	75	45	35	12.5
III	T5	2	75	77.5	60	52.5	40	15
III	T5	3	72.5	62.5	60	45	30	12.5
III	T5	4	72.5	60	50	30	35	7.5
III	T5	5	65	60	42.5	40	25	5
		<b>Prom</b>	<b>74.5</b>	<b>69</b>	<b>57.5</b>	<b>42.5</b>	<b>33</b>	<b>8.5</b>
III	T6	1	62.5	72.5	65	75	77.5	77.5
III	T6	2	60	62.5	77.5	70	72.5	82.5
III	T6	3	67.5	67.5	70	70	70	70
III	T6	4	72.5	77.5	77.5	75	82.5	70
III	T6	5	72.5	82.5	85	82.5	75	90
		<b>Prom</b>	<b>67</b>	<b>72.5</b>	<b>74.5</b>	<b>74.5</b>	<b>75.5</b>	<b>78</b>

**Tabla 24.** Análisis de varianza de incidencia antes dela primera aplicación

Fuente de Variabilidad	de Libertad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
						0.05	0.01		
Bloque		2	154.51	77.25	3.65	4.10	7.56	0.0644	ns
Tratamiento		5	144.22	28.84	1.36	3.33	5.64	0.3153	ns
Error		10	211.42	21.14					
Total		17	510.15						

CV. 6.07%

**Tabla 25.** Análisis de varianza de incidencia después de la primera aplicación

Fuente de Variabilidad	de Libertad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
						0.05	0.01		
Bloque		2	42.80	21.40	0.84	4.10	7.56	0.4581	ns
Tratamiento		5	103.39	20.68	0.82	3.33	5.64	0.5645	ns
Error		10	253.28	25.33					
Total		17	399.47						

CV. 6.66%

**Tabla 26.** Análisis de varianza de incidencia después de la segunda aplicación

Fuente de Variabilidad	de Libertad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
						0.05	0.01		
Bloque		2	148.46	74.23	3.49	4.10	7.56	0.0708	ns
Tratamiento		5	303.08	60.62	2.85	3.33	5.64	0.0746	ns
Error		10	212.69	21.27					
Total		17	664.23						

CV. 6.33%

**Tabla 27.** Análisis de varianza de incidencia después de la tercera aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	4.98	2.49	0.04	4.10	7.56	0.9629	ns
Tratamiento	5	1395.78	279.16	4.26	3.33	5.64	0.0247	*
Error	10	656.05	65.60					
Total	17	2056.80						

CV. 12.39%

**Tabla 28.** Análisis de varianza de incidencia después de la cuarta aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	23.65	11.83	0.30	4.10	7.56	0.750	ns
Tratamiento	5	1756.61	351.32	8.81	3.33	5.64	0.002	**
Error	10	398.76	39.88					
Total	17	2179.02						

CV. 11.04%

**Tabla 29.** Análisis de varianza de incidencia después de la quinta aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	68.41	34.20	2.36	4.10	7.56	0.1449	ns
Tratamiento	5	3001.86	600.37	41.38	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	145.09	14.51					
Total	17	3215.36						

CV. 7.53%

**Tabla 30.** Análisis de varianza de severidad antes de la primera aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	26.37	13.18	1.57	4.10	7.56	0.2553	ns
Tratamiento	5	19.72	3.94	0.47	3.33	5.64	0.7909	ns
Error	10	83.96	8.40					
Total	17	130.05						

CV. 5.66%

**Tabla 31.** Análisis de varianza de severidad después de la primera aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	4.55	2.27	0.25	4.10	7.56	0.7845	ns
Tratamiento	5	92.58	18.52	2.03	3.33	5.64	0.1601	ns
Error	10	91.42	9.14					
Total	17	188.54						

CV. 8.37%

**Tabla 32.** Análisis de varianza de severidad después de la segunda aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	76.96	38.48	4.77	4.10	7.56	0.0351	*
Tratamiento	5	438.94	87.79	10.89	3.33	5.64	0.0009	**
Error	10	80.64	8.06					
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>596.54</b>						

CV. 5.81%

**Tabla 33.** Análisis de varianza de severidad después de la tercera aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	5.05	2.52	0.2	4.10	7.56	0.821	ns
Tratamiento	5	1143.94	228.7	18.24	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	125.46	12.55					
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>1274.45</b>						

CV. 8.37

**Tabla 34.** Análisis de varianza de severidad después de la cuarta aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
<b>BLO</b>	2	2.27	1.13	0.07	4.10	7.56	0.930	ns
<b>TRAT</b>	5	2053.58	410.72	26.51	3.33	5.64	<.0001	**
<b>Error</b>	10	154.95	15.49					
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>2210.79</b>						

CV. 10.48%

**Tabla 35.** Análisis de varianza de severidad después de la quinta aplicación

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr > F	Sig
					0.05	0.01		
Bloque	2	38.63	19.31	5.73	4.10	7.56	0.022	*
Tratamiento	5	3543.46	708.69	210.29	3.33	5.64	<.0001	**
Error	10	33.70	3.37					
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>3615.79</b>						

CV. 5.49%



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA - PUNO  
ANEXO SALCEDO  
Of. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



ANÁLISIS DE FERTILIDAD

Nombre: Elva Sonia Chambe Mamani  
Fecha de Recepción: 01 de Marzo del 2019  
Localidad: San Pedro de Putina Puncu Sandia.  
Fecha de Certificación: 08 de Marzo del 2019

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS MECÁNICO			N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua		M.O. %	Al (mcep/100 gr)	CO <sub>2</sub> Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %				pH	C.E. mmhos/cm			
311D1	SPPP-M1	27	29	44	10.37	273.68	6.07	0.034	2.54	0.00	0.00	

Referencias: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.  
Conclusiones:  
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.  
Observaciones: (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).



ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO  
Ing. JORGE CANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Los resultados son aplicables a estas muestras.  
Av. La Molina 1981, La Molina  
T. (051) 240 2100 anexo 214  
www.inia.gob.pe  
www.mmagr.gob.pe