



*Control biológico (trichoderma spp.) y químico de roya amarilla (hemileia vastatrix berk & br.) del cafeto (coffea arabica l.) en la provincia de Sandia - Puno*

*Biological (trichoderma spp.) And chemical control of yellow rust (hemileia vastatrix berk & br.) Of the coffee tree (coffea arabica l.) In the province of Sandia – Puno*

*Controle biológico (trichoderma spp.) E químico da ferrugem amarela (hemileia vastatrix berk & br.) Do cafeeiro (coffea arabica l.) Na província de Sandia – Puno*

Elva Sonia Chambe-Mamani <sup>I</sup>  
[elvachambe@gmail.edu.pe](mailto:elvachambe@gmail.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0001-9849-4368>

Silverio Apaza-Apaza <sup>II</sup>  
[sapaza44@hotmail.com](mailto:sapaza44@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1279-9342>

René Aguilar-Ancota <sup>III</sup>  
[raancota@hotmail.com](mailto:raancota@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-3965-6096>

**Correspondencia:** [elvachambe@gmail.edu.pe](mailto:elvachambe@gmail.edu.pe)

Ciencias Naturales  
Artículo de revisión

\***Recibido:** 20 de diciembre de 2020 \***Aceptado:** 12 de enero de 2021 \* **Publicado:** 08 de febrero de 2021

- I. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- II. Docente Principal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, Doctoris Scientiae en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Perú.
- III. Investigador Independiente, Perú.

## Resumen

La roya amarilla del café 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; demostrar 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 café 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 café 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 resultados fueron: En la incidencia, *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 claves:** Café; 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 demonstrate 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 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.

## Resumo

A ferrugem amarela do cafeeiro é a doença mais importante, que ataca principalmente as folhas, causando a redução da capacidade fotossintética, bem como o enfraquecimento das plantas e fazendo com que os frutos do café caiam antes de amadurecer. O trabalho de pesquisa foi realizado com o objetivo de; demonstram o efeito de cepas nativas e comerciais de *Trichoderma* spp. sobre a incidência, severidade e área sob a curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem amarela (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro no distrito de San Pedro de Putina Puno, província de Sandia, região de Puno - Peru. A produção das cepas de *Trichoderma* spp foi realizada no Mega Laboratório de Sanidade Vegetal da Universidade Nacional do Altiplano - Puno, a aplicação foi realizada em cafezais de 5 anos de idade no estado fenológico de enchimento de grãos, com concentração de  $1 \times 10^7$  ufc / ml nos meses de março e abril de 2019. Foi utilizado o Completely Random Block Design (DBCA) com 6 tratamentos e 3 repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Os resultados foram: Na incidência, *Trichoderma viride* obteve o maior efeito com 39,33% em relação aos tratamentos (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* sp. (Nativa 1), *Trichoderma* sp. (Nativa 2)) e sendo semelhante ao hidróxido de cobre. Em severidade,

Trichoderma viride teve um efeito maior com 14,50% em relação aos tratamentos (Trichoderma sp. (Nativa 1), Trichoderma harzianum, Trichoderma sp. (Nativa 2), e sendo semelhante ao hidróxido de cobre. Área sob a curva de progresso da doença AACPD ; foram menores em todos os tratamentos que receberam aplicações de Trichoderma spp e Hidróxido de Cobre, enquanto o Controle apresentou valor elevado de AACPD com 39,99%, mostrando que Trichoderma viride teve valor inferior a AACPD com 20,92%.

**Palavras-chave:** Árvore de café; ferrugem amarela; Trichoderma spp; incidência e gravidade

## 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 Sandía atraviesa por serios problemas 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 va en contra de la tendencia ecológica en la producción de café.

El daño que ocasiona la roya amarilla del cafeto 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 Sandía se pierde entre el 15 y 28% por las graves afectaciones de roya amarilla 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 micoparasitismo, y desactivación de enzimas del patógeno (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 *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).

## Materiales y métodos

### 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, ubicada en el distrito San Pedro de Putina Punco, provincia Sandia, región Puno – Perú.

### Análisis del suelo

**Tabla 1:** Análisis físico – químico del suelo

| 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-Puno

## Datos meteorológicos

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

| Mes   | T °c |      | H. R.      | Pp (mm) total |
|-------|------|------|------------|---------------|
|       | Max  | Min  | % promedio |               |
| Marzo | 28.1 | 17.4 | 96         | 114.2         |
| Abril | 27.8 | 16.9 | 96         | 114.9         |

Fuente: SENAMHI - "Tambopata"

## Periodo de duración del estudio

La fase de campo se realizó durante el ciclo fisiológico, de la etapa del llenado de grano del café, en los meses de marzo y abril del 2019.

## 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/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>

### 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).

### Tratamientos de estudio

**Tabla 3:** Tratamientos empleados para el control de la roya amarilla.

| Clave | Tratamiento                  |                        | Dosis de sustrato g/30Lt |
|-------|------------------------------|------------------------|--------------------------|
|       | Especie                      | Dosis de concentración |                          |
| T1    | <i>Trichoderma viride</i>    | 1x10 <sup>7</sup> ufc  | 179.1                    |
| T2    | <i>Trichoderma harzianum</i> | 1x10 <sup>7</sup> ufc  | 250                      |
| T3    | <i>Trichoderma</i> sp.       | 1x10 <sup>7</sup> ufc  | 112.3                    |
| T4    | <i>Trichoderma</i> sp.       | 1x10 <sup>7</sup> ufc  | 141.2                    |
| T5    | Hidróxido de cobre           | -                      | 18                       |
| T6    | Testigo                      | -                      | -                        |

-ufc : unidades formadoras de colonias

### Diseño experimental

Se ha empleado el diseño bloque completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos con 3 repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales, los análisis estadísticos, se sometieron a la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad.

### Materiales

#### a. Material vegetal

Se utilizó plantas de café en campo, de 5 años de edad en la variedad Caturra; con síntomas y presencia de roya amarilla *Hemileia vastatrix*,

#### b. 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 4:** Procedencia de cepas de *Trichoderma* spp.

| Trat | Especie                      | Tipo de cepa | Procedencia                     |
|------|------------------------------|--------------|---------------------------------|
| T1   | <i>Trichoderma viride</i>    | Comercial    | S. E. - Cusco                   |
| T2   | <i>Trichoderma harzianum</i> | 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 |

### c. Producto químico

**Tabla 5:** Características del fungicida

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

## Metodología

### Fase laboratorio

#### Preparación del medio de cultivo

Se preparó el PDA para un litro como medio de cultivo para hongo: los 250 g de papa pelada en trozos se hizo hervir en 500 ml de agua destilada por 20 minutos, en un vaso Becker se puso colado y diluido 18 g de agar y 10g de dextrosa en 500 ml de agua destilada y se procedió a distribuirlos

en un 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).

Reactivación y repique cepas de *Trichoderma* spp.

Las cepas de *Trichoderma* spp, fueron reactivadas en placas petri con medio de PDA, e inoculadas por siete días a 25 °C a partir de estos cultivos fueron repicados, a otras placas con PDA con el fin de multiplicar las cepas de *Trichoderma* para su posterior reproducción en sustrato de cebada (Alvarado, 2016).

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

Se hizo una pre-cocción del sustrato de cebada por un tiempo de 40 minutos luego se colocó 300 g. de cebada en bolsas de polipropileno más bicarbonato de sodio 15 ml en el sustrato, luego se removió el sustrato con el fin de homogenizar el bicarbonato de sodio. Luego se llevó al 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 herméticamente cerradas y llevadas a la incubadora bajo luz durante 14 días a una temperatura de 25°C (Sivila y Álvarez 2013).

d. Conteo de conidios de *Trichoderma* spp

Para el conteo de conidias se hizo diluciones seriadas de 10<sup>-3</sup> de 1g de sustrato de cebada colonizadas con cepas de *Trichoderma* spp, se colocó en tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril, 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, obteniéndose los números de conidios por mililitros de 5 CS x 50000= 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 (CM XB)/G=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).

## Fase de campo

### Labores culturales

Se realizó dos deshierbos, la primera antes de la primera evaluación el segundo casi a la finalización del proyecto.

#### Demarcación del campo experimental

Se realizó según las dimensiones del campo experimental con etiquetas de diferentes colores para cada tratamiento.

#### Aplicación de los tratamientos

Se realizó la aplicación por vía foliar a una concentración de esporas de  $1 \times 10^7$  ufc/ml cada 10 días. 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).

#### Aceite Agrícola.

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.

## Variables de respuesta

### Incidencia de la roya amarilla.

Se evaluó 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.

$\text{incidencia \%} = (\text{Numero de hojas afectadas}) / (\text{Numero de hojas evaluadas}) * 100$

Severidad de 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)

### Determinación del Índice de Intensidad de Daño de la Roya Amarilla.

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

### 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

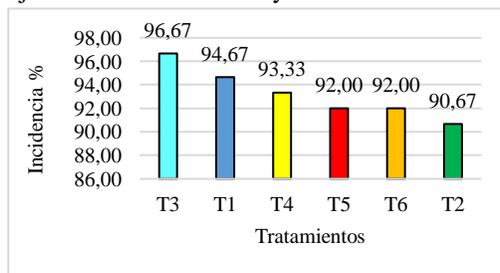
t = número de días de evaluados.

### Resultados y discusión

#### Efecto del *trichoderma* spp. (cepas nativas y comerciales) e hidróxido de cobre sobre la incidencia de la roya amarilla (*hemileia vastatrix* berk. & br.)

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

Figura 1: Porcentaje de incidencia de la roya amarilla antes de la primera aplicación



T1 = *Trichoderma viride*

T2 = *Trichoderma harzianum*

T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1) T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)  
 T5 Hidróxido de cobre T6 Testigo

En la Figura 1, se muestra el porcentaje de incidencia de (*Hemileia vastatrix*) antes de la primera aplicación; donde se presentó con mayor porcentaje “hojas” dañadas conformando el tratamiento T3 con 96.67 %, seguido por los tratamientos T1, T4, T5, T6 y T2 con 94.67, 93.33, 92, 92 y 90.67 %, habiéndose encontradas las plantas de cafeto con mayor porcentaje de ataque por la roya amarilla antes de la aplicación de los tratamientos en estudio; Yábar (2013), señala 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 el estado cotiledonal hasta la etapa reproductiva. Por otro lado Barquero (2013), señala que los principales factores que llegan a condicionar el desarrollo de la enfermedad dependen de la relación entre el hospedante (susceptibilidad de la variedad), el patógeno y el ambiente.

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

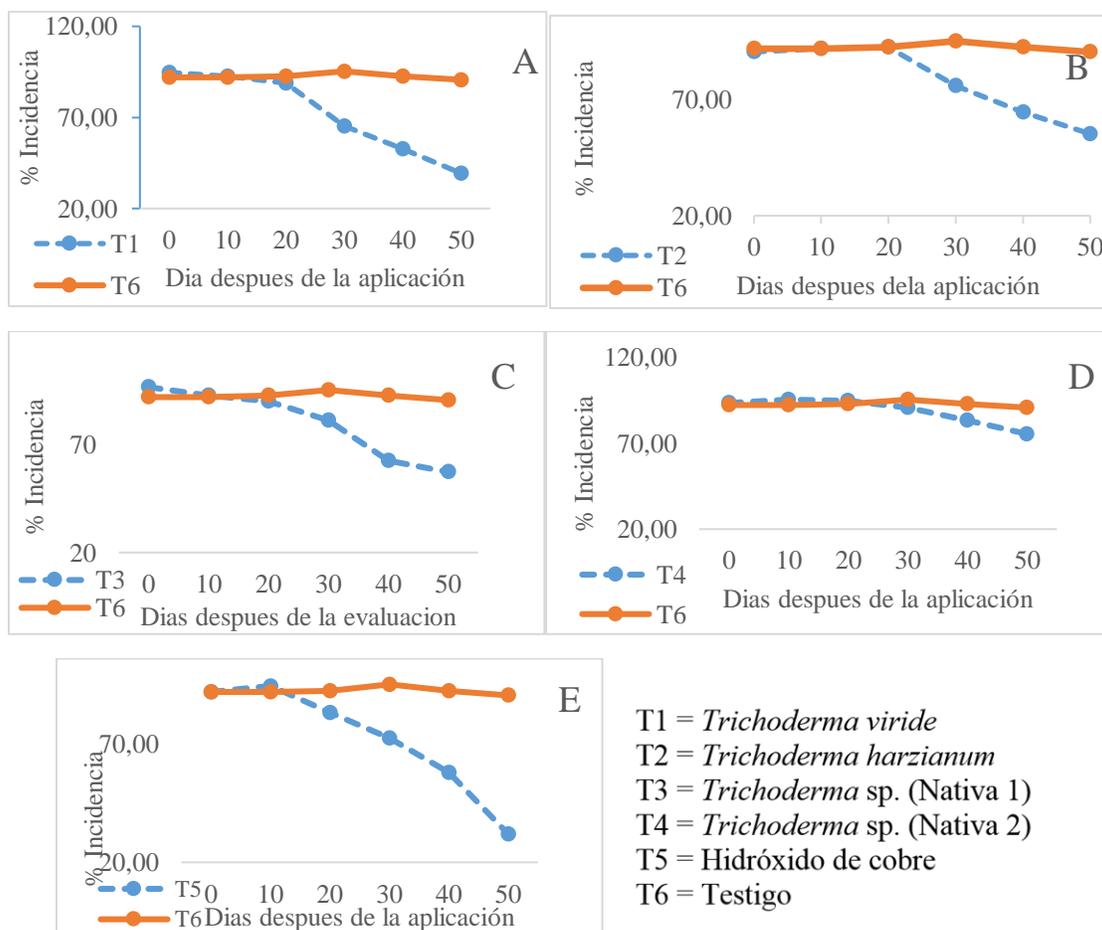
**Tabla 6:** Incidencia de la roya amarilla del cafeto después de la quinta aplicación

| Tratamiento                            | Promedio (%) | Duncan Sig |
|--|--------------|------------|
| T5 - Hidróxido de cobre                | 32           | a          |
| T1 - <i>Trichoderma viride</i>         | 39.33        | a          |
| T2 - <i>Trichoderma harziamun</i>      | 55.33        | b          |
| T3 - <i>Trichoderma</i> sp.(Nativa 1)  | 57.33        | b          |
| T4 - <i>Trichoderma</i> sp. (Nativa 2) | 75.33        | c          |
| T6 - Testigo                           | 90.67        | d          |

La Tabla 6 muestra la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) del cafeto, donde *Trichoderma viride* y el Hidróxido de cobre sobresalen en el efecto de control de la roya amarilla

con valores superiores al resto de los tratamientos en estudio 39.33 y 32.00 %, los tratamientos T2 (*Trichoderma harzianum*), T3 (Nativa 1) estadísticamente porcentajes similares con 55.33, 57.33 %. Bartra (2017), indica que la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), con la aplicación de *Trichoderma harzianum* alcanzo porcentajes de 47.43% hasta 59%, casi similar al logrado en el presente trabajo lo cual da cierta confiabilidad del resultado obtenido, Muñoz (2012), reporta que *Trichoderma viride* representa una opción de gran viabilidad para el control de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) y se cataloga como un hongo ampliamente utilizado, por su efecto antagónico, contra diversos fitopatógenos.

**Figura 2:** Curva de comparaciones entre los tratamientos y el testigo de la incidencia.



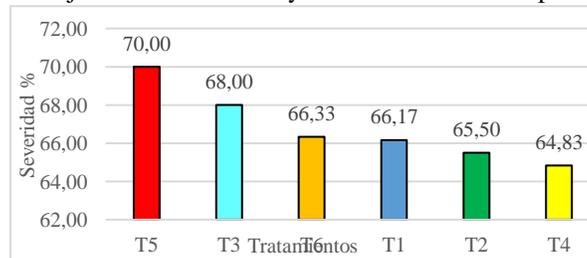
En la Figura 2, se observa la curva de comparaciones entre los tratamientos y el testigo de la incidencia de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix*) tratadas con cepas nativas y un químico durante los meses de marzo y abril del 2019.

La primera evaluación para la incidencia se realizó antes de la primera aplicación, en el estado fenológico del llenado de grano, en la cual se encontraba con mayor porcentaje de hojas dañadas la planta de café por (*Hemileia vastatrix*), en la figura “A” se compara con el T1 (*Trichoderma viride*) antes de la primera aplicación encontrándose con un 94.87 % la cual empezó a disminuir al 39.33 % y el T6 (Testigo) 92 % y al final estuvo con 90.67 %, en la figura “B” el T2 (*Trichoderma harzianum*) y T6 se observa desde antes de la aplicación hasta después de la segunda aplicación observando estar en el mismo porcentaje, luego 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 50 días.

**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.**

### Porcentaje de severidad de la roya amarilla antes de la aplicación

**Figura 3:** Porcentaje de severidad de roya amarilla antes de la primera aplicación.



T1 = *Trichoderma viride*

T2 = *Trichoderma harzianum*

T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1)

T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2)

T5 Hidróxido de cobre

T6 Testigo

En la Figura 3, se muestra el porcentaje de severidad de tejido dañados por (*Hemileia vastatrix*) donde los tratamientos T4 *Trichoderma* sp. (Nativa 2) con 64.83% y T2 (*Trichoderma harzianum*)

con 65% resultaron tener un porcentaje bajo de tejido dañado, mientras que los tratamientos T1 (*Trichoderma viride*) con 66.17%, T6 (Testigo) con 66.33%, T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1) con 68 % y T5 (Hidróxido de cobre) con 70 % tuvieron alto porcentaje de severidad. Sanders (2019), menciona 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), señala 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 los 28°C, siendo además el viento uno de los factores que favorece la dispersión del hongo. Según (Rivillas et al., 2011), indica 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.

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

**Tabla 7:** Severidad de roya del café después de la quinta aplicación

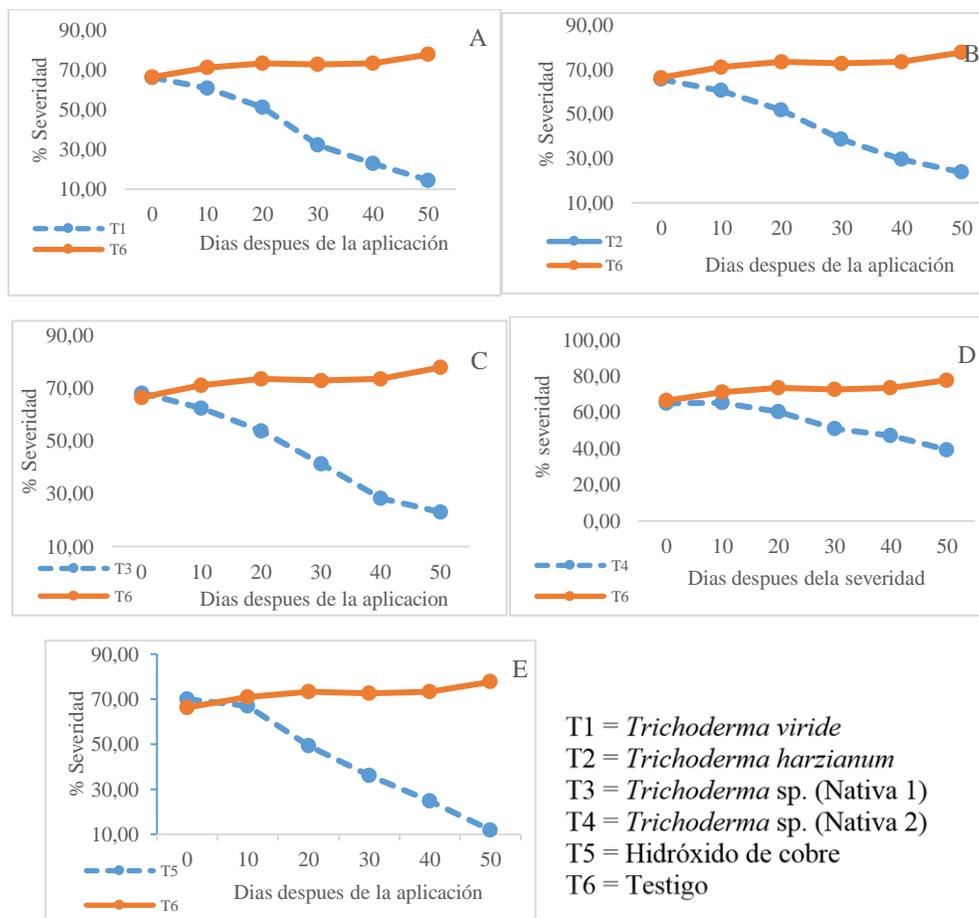
| Tratamientos                           | Promedio (%) | Duncan Sig. |
|--|--------------|-------------|
| T5 - Hidróxido de cobre                | 11.83        | a           |
| T1 - <i>Trichoderma viride</i>         | 14.50        | a           |
| T3 - <i>Trichoderma</i> sp. (Nativa 1) | 23.00  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

En la Tabla 7, se muestra la prueba de comparación de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) de café, se tiene mayor disminución de incidencia de roya amarilla en T5 (Hidróxido de cobre) y T1 (*Trichoderma viride*) 14.50 % donde estadísticamente son similares, seguido por los tratamientos T3 *Trichoderma* sp. (Nativa 1), T2 (*Trichoderma*

harzianum), con 23 y 23,67 % siendo T4 (*Trichoderma harzianum*) y T6 (Testigo) estadísticamente diferentes.

Gómez (2017), señala que los microorganismos benéficos como *Trichoderma* spp. son una alternativa sana y limpia para combatir plagas y enfermedades en las plantas, por otro lado Borrero y Silva (2005), señalan 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.

**Figura 4:** Comparaciones entre los tratamientos y el testigo en severidad.



En la Figura 4, se muestran las curvas de comparaciones en la figura “A” el T1 (*Trichoderma viride*) redujo al 14,60 % de severidad después de la quinta aplicación, en comparación al tratamiento T6 que aumento el porcentaje de severidad del 66,33 % al 77,67 % pero sin embargo el tratamiento T1 llego a bajar del 66,17 al 14,50 %, el T2 del 65,50 al 23,67 %, el T3 del 68 al

23% el T4 del 64.83 al 39.33 el T5 del 70 % al 11.83 % este último teniendo un menor porcentaje de severidad de roya amarilla. En la figura, “B” se observa que el tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum*) tiene un 23.60% de severidad después de la quinta evaluación y el T6 un 77.67 % seguido de las cepas nativas, T3 con 23 % y luego T4 con 39.43 %.

Según Virginio y 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.

Por otro lado Muñoz (2012), señala que *Trichoderma harzianum* coloniza rápidamente las raíces de las plantas. *Trichoderma viride* ataca, parasita y/o se alimenta de otros hongos de la parte aérea concluye indicando que diferentes cepas de *Trichoderma* han mostrado un buen control de hongos fitopatógenos en ensayos realizados.

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

En cuanto a rendimiento aún no hay reportes en cultivo de café, pero sin embargo por las informaciones de Ortiz (2017) en su trabajo de investigación hace la comparación de promedios de rendimiento de semillas de quinua donde hubo diferencias en rendimiento de semillas por cada cepa de *Trichoderma* sp en la evaluación realizada. Donde la Cepa *Trichoderma*, 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 de quinua en promedio; y León (2016), en su trabajo de investigación señala que en 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 de quinua,

**Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)****Tabla 8:** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en cinco evaluaciones de severidad

| Tratamientos                          | Promedio (%) | Duncan Sig. |
|---------------------------------------|--------------|-------------|
| T1 - <i>Trichoderma viride</i>        | 20.92        | a           |
| T5 - Hidróxido de cobre               | 21.98        | a           |
| T2 - <i>Trichoderma harzianum</i>     | 22.72        | a           |
| T3 - <i>Trichoderma</i> sp.(nativa 1) | 23.38        | a           |
| T4 - <i>Trichoderma</i> sp.(nativa2)  | 27.98        | b           |
| T6 - Testigo                          | 36.99        | c           |

En la Tabla 8 muestra la comparación del 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) con 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.

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 tratamientos en severidad. Mamani (2017), determinó que en los valores área bajo la curva del progreso de la enfermedad, por tratamiento de las cinco evaluaciones con datos de severidad de la roya amarilla del cafeto, que obtuvo en base a los datos de porcentaje de 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.

## 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) 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 un valor alto del AUDPC con 39.99 %, mostrando 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).

## Referencias

1. Alvarado, H. L. E. (2016). Caracterización Agronómica de 95 accesiones de café en el banco de germoplasma en San Ramón, Chanchamayo, Perú. 98 p.
2. Barquero, M. (2013). Manual práctico de Control Interno: Teoría y aplicación práctica. Bolivia. 105 p.
3. 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.
4. Cañedo, V. A. T. (2004). Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Centro Internacional de la Papa. Lima, Peru.
5. Castro, R. y. (2012). *Trichoderma* spp modos de acción eficacia y usos en el cultivo de café.
6. CECOVASA y CAC, S. J. O. 2018. Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras - CECOVASA y la Cooperativa Agraria Cafetalera San Juan del Oro Puno - Perú.

7. 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.
8. 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.
9. Garcia, R., D. A. . (2013). Incidencia y Severidad de la Roya del Cafe (*Hemileia vastatrix*) y evaluacion de alternativas quimicas para su control. Tesis para titulo de Ingeniero Agronomo, con enfasis en cultivo tropicales en el grado academico de licenciado. Ecuador.
10. 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.
11. INEI. (2018). Producción de Cafe en Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 10 p.
12. León, A., D, L., Paniagua, O., Castro, A., Haggar, 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.
13. 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.
14. 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.
15. MINAGRI. (2018). Produccion de Cafe en Puno Ministerio de Agricultura y Riego15
16. 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.

17. 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.
18. Rivillas, C., Serna, C., Cristancho, M., & Gaitan, A. (2011). La roya del cafeto en Colombia: Impacto manejo y costos del control. Colombia.
19. 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.
20. Sanders, M. (2019). Breeding for Coffee Leaf Rust Resilience in *Coffea* sp. *Natural Sciences Education*, 48(1).
21. SENASA. (2018). Roya amarilla del cafeto y perdida en los ultimos años. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 6 p.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Yábar, L. M. (2013). Manejo integrado de la roya amarilla del cafeto. Manual. Colombi