

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### Maestría en Agroecología y Ambiente

“Evaluación de dos (2) especies nativas y una comercial de *Trichoderma sp.* como agente de control de los hongos que ocasionan el damping off (*Rhizoctonia spp.*) en semilleros de café (*Coffea arabica L.*) variedad bourbón”.

**tesis previa a la obtención  
del título de Magister en  
Agroecología y Ambiente**

**AUTOR:** Ing. Cristian Manuel Zhirvi Ordóñez

**DIRECTOR:** Ing. Walter Iván Larriva Coronel M.Sc.

CUENCA, ECUADOR

2016



## RESUMEN

El cultivo de café constituye un rubro de gran importancia económica y social para el país, sin embargo, su producción se ve afectada debido al ataque de plagas y enfermedades del suelo a nivel de vivero y en plantaciones ya establecidas.

Por ello este trabajo de investigación se llevó a cabo en la comunidad de Luz María, Parroquia Molleturo, cantón Cuenca, Provincia del Azuay, a una altura de 1900 msnm, con el objetivo de evaluar el efecto de dos especies nativas y una comercial de *Trichoderma*: *T. harzianum* (Rifai) y *T. koningii* (Qudem), en el control de Damping off (*Rhizoctonia* sp.) y como factor estimulante de crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Bourbón Rojo en vivero.

Se planteó un Diseño Completamente Al Azar en Arreglo Factorial de 3 x 3 con un testigo químico y un testigo absoluto; las especies de *Trichoderma* fueron aplicadas en 3 dosis. En la fase de semillero se 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 que dio un valor de 29 %. En vivero a los 3 meses del repique de plántulas se evaluó el tamaño radicular, altura, diámetro de tallos, número de hojas y los pesos, obteniéndose los mejores resultados con la cepa nativa de *Trichoderma harzianum*.

**Palabras claves:** CONTROL BIOLÓGICO, SEMILLEROS DE CAFÉ, DAMPING OFF, *Trichoderma* spp., *Coffea arabica* L.



## ABSTRACT

Coffee cultivation is an item of great economic and social importance for the country, however, their production is affected due to pests and soil diseases nursery level and established plantations.

Therefore this research was conducted in the community of Luz Maria Parish Molleturo, canton Cuenca, Azuay Province, at an altitude of 1900 meters above sea level, with the objective of evaluating the effect of two native species and a commercial *Trichoderma*: *T. harzianum* (Rifai) and *T. koningii* (Qudem) in control Damping off (*Rhizoctonia sp.*) and as stimulating growth factor coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) Red Bourbon variety nursery level.

A Completely Randomized Design raised in factorial 3 x 3 with a chemical control and absolute control; *Trichoderma* species were applied in three doses. In seedling at 3 months the first results for which analysis of variance was performed, obtaining as native *T. harzianum* (Rifai) best treatment (with doses of 20 cc / liter of water) it was obtained, with an incidence rate Damping off (*Rhizoctonia sp.*) of 4.25%, versus the absolute witness who gave a value of 29%.

At three months were evaluated seedling root size, height, stem diameter, number of leaves and the respective weights, obtaining the best results with the native strain of *Trichoderma harzianum* was evaluated.

**Keywords:** BIOLOGIC CONTROL, COFFEE SEEDLINGS, DAMPING OFF, *Trichoderma harzianum* (Rifai), *Coffea Arabica* L.



## TABLA DE CONTENIDOS

|  |        |
|--|--------|
| RESUMEN.....                                       | - 1 -  |
| ABSTRACT.....                                      | - 2 -  |
| TABLA DE CONTENIDOS.....                           | - 3 -  |
| LISTA DE TABLAS.....                               | - 5 -  |
| LISTA DE FIGURAS .....                             | - 6 -  |
| CLAUSULA DERECHO DE AUTOR.....                     | - 7 -  |
| CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....            | - 8 -  |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....                    | - 9 -  |
| CERTIFICACIÓN DE TRIBUNALES.....                   | - 10 - |
| ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA .....                    | - 11 - |
| AGRADECIMIENTOS.....                               | - 12 - |
| DEDICATORIA.....                                   | - 13 - |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....                     | - 14 - |
| JUSTIFICACIÓN .....                                | - 15 - |
| OBJETIVOS.....                                     | - 15 - |
| Objetivo General .....                             | - 15 - |
| Objetivos Específicos.....                         | - 15 - |
| HIPÓTESIS.....                                     | - 16 - |
| Hipótesis nula .....                               | - 16 - |
| CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....          | - 17 - |
| 2.1 Cultivo de Café .....                          | - 17 - |
| 2.1.1 Generalidades.....                           | - 17 - |
| 2.1.2 Importancia Económica.....                   | - 17 - |
| 2.1.3 Taxonomía .....                              | - 18 - |
| 2.1.4 Morfología .....                             | - 18 - |
| 2.1.5 Variedades.....                              | - 20 - |
| 2.1.6 Propagación.....                             | - 21 - |
| 2.1.7 Enfermedad del semillero o damping off ..... | - 22 - |
| 2.2 <i>Trichoderma spp.</i> .....                  | - 24 - |
| 2.2.1 Generalidades.....                           | - 24 - |
| 2.2.2 Taxonomía .....                              | - 25 - |
|  | - 3 -  |



|  |        |
|--|--------|
| 2.2.3 Caracterización .....  | - 25 - |
| 2.2.4 Aplicaciones .....   | - 25 - |
| 2.4.5 Mecanismos de Acción .....   | - 26 - |
| CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....                                     | - 29 - |
| 3.1 Ubicación del Ensayo .....   | - 29 - |
| 3.2 Materiales .....   | - 30 - |
| 3.3 Metodología .....  | - 30 - |
| 3.3.1 Fase de Laboratorio .....  | - 30 - |
| 3.3.2 Fase de Campo .....  | - 31 - |
| 3.3.3. Diseño Experimental .....   | - 33 - |
| CAPITULO IV: RESULTADOS .....  | - 35 - |
| 4.1 Porcentaje de Emergencia .....   | - 35 - |
| 4.2 Porcentaje de incidencia de Damping off ( <i>Rhizoctonia sp.</i> ) ..... | - 36 - |
| 4.3 Altura de Plantas .....  | - 37 - |
| 4.4 Diámetro de Plantas .....  | - 38 - |
| 4.5 Número de Hojas .....  | - 39 - |
| 4.6 Tamaño de Raíz .....   | - 40 - |
| 4.7 Peso Seco de Raíces .....  | - 41 - |
| 4.8 Peso Seco Parte Aérea .....  | - 41 - |
| CAPITULO V: DISCUSIÓN .....  | - 44 - |
| CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                            | - 46 - |
| 6.1 CONCLUSIONES .....   | - 46 - |
| 6.2 RECOMENDACIONES .....  | - 46 - |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | - 48 - |
| ANEXOS .....   | - 51 - |



## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Tratamientos evaluados en la investigación.....   | 34 |
| Tabla 2. Análisis económico de tratamientos.....   | 44 |
| Tabla 3. ADEVA para el porcentaje de emergencia de plántulas a los 45 días .....   | 53 |
| Tabla 4. ADEVA para el porcentaje de incidencia de <i>Rhizoctonia spp.</i> en plántulas de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos..... | 53 |
| Tabla 5. ADEVA para la variable altura de plántulas de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.....                                     | 54 |
| Tabla 6. ADEVA para la variable diámetro de plántulas de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.....                                   | 54 |
| Tabla 7. ADEVA para la variable tamaño de raíces de plántulas de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.....                           | 55 |
| Tabla 8. Prueba de contraste para el porcentaje de emergencia de plántulas de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en semillero con diferentes tratamientos.....                     | 55 |
| Tabla 9.- Prueba de contrastes del porcentaje de incidencia de <i>Rhizoctonia spp.</i> off en plántulas de café en los diferentes tratamientos.....                              | 55 |
| Tabla 10.- Prueba de contrastes de la altura de plántulas de café con diferentes tratamientos.....   | 56 |
| Tabla 11.- Prueba de contrastes del diámetro de plántulas de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) en los diferentes tratamientos.....  | 56 |
| Tabla 12.- Prueba de contrastes del tamaño de raíces de plántulas de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) con diferentes tratamientos.....   | 56 |
| Tabla 13.- Datos del libro de campo con los resultados evaluados en la investigación.....  | 57 |



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Planta de café arábigo variedad bourbón rojo. ....   | 20 |
| Figura 2. Producto comercial <i>T. harzianum</i> (Rifai) .....   | 28 |
| Figura 3. Mapa de ubicación del sitio de investigación .....   | 29 |
| Figura 4. Porcentaje de emergencia de plántulas de café ( <i>Coffea arabiga</i> ) con diferentes tratamientos.....   | 35 |
| Figura 5. Porcentaje de incidencia de <i>Rhizoctonia spp</i> en plántulas de café ( <i>Coffea arabiga</i> ) variedad bourbon en los diferentes tratamientos..... | 36 |
| Figura 6. Altura de plántulas de café con diferentes tratamientos, a los 180 días de la siembra.....   | 37 |
| Figura 7. Diámetro de plántulas de café con diferentes tratamientos, a los 180 días de la siembra.....   | 38 |
| Figura 8. Número de hojas de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra. ....  | 39 |
| Figura 9. Tamaño de raíces de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra. ....                                       | 40 |
| Figura 10. Peso seco de raíces de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra. ....                                   | 41 |
| Figura 11. Peso seco de la parte aérea de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra.....                            | 42 |



## CLAUSULA DERECHO DE AUTOR

Cristian Manuel Zhirvi Ordoñez, autor de la tesis "Evaluación De Dos (2) Especies Nativas Y Una Comercial De *Trichoderma* sp. Como Agente De Control De Los Hongos Que Ocasionan El Damping Off (*Rhizoctonia* spp.) En Semilleros De Café (*Coffea arabica* L.) Variedad Bourbon". Reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Agroecología y Ambiente. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a.

Cuenca, 3 de enero de 2017.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to be "Cristian Manuel Zhirvi Ordoñez".

---

Cristian Manuel Zhirvi Ordoñez

CI: 0302165956





## CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cristian Manuel Zhirvi Ordóñez, autor/a de la tesis "Evaluación De Dos (2) Especies Nativas Y Una Comercial De *Trichoderma sp.* Como Agente De Control De Los Hongos Que Ocasionan El Damping Off (*Rhizoctonia spp.*) En Semilleros De Café (*Coffea arabica L.*) Variedad Bourbon". Certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 3 de enero de 2017.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters and a flourish.

---

Cristian Manuel Zhirvi Ordóñez

CI: 0302165956



## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de tesis titulado "Evaluación De Dos (2) Especies Nativas Y Una Comercial De *Trichoderma* sp. Como Agente De Control De Los Hongos Que Ocasionan El Damping Off (*Rhizoctonia* spp.) En Semilleros De Café (*Coffea arabica* L.) Variedad Bourbon" ha sido correctamente elaborado por el Ing. Cristian Manuel Zhirvi Ordóñez.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Larriva", written over a horizontal line.

Ing. Walter Larriva M. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**



## CERTIFICACIÓN DE TRIBUNALES

### CERTIFICACIÓN

El tribunal de tesis de postgrado de la Maestría en Agroecología y Ambiente, II Cohorte, certifica que fue aprobada la presente investigación titulada "Evaluación De Dos (2) Especies Nativas Y Una Comercial De *Trichoderma sp.* Como Agente De Control De Los Hongos Que Ocasionan El Damping Off (*Rhizoctonia spp.*) En Semilleros De Café (*Coffea arabica L.*) Variedad Bourbon". realizada por el Ing. Cristian Manuel Zhirvi Ordóñez.

---

Ing. Eduardo Chica M. Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Dra. Cecilia Palacios M. Sc.

**MIEMBRA DEL TRIBUNAL**



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

ANACAFÉ: Asociación Nacional del Café

ANOVA: análisis de varianza

cc: Centímetros cúbicos

COFENAC: Consejo Cafetalero Nacional

ECURED: Enciclopedia Colaborativa En La Red Cubana

EE: Error Experimental

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

g: gramos

gl: grados de libertad

ha: Hectárea

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INIAP: Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias

kg: Kilogramo

m<sup>2</sup>: Metro cuadrado

MAGAP: Ministerio de Agricultura y Ganadería

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PDA: Papa, Agar Dextrosa

sp: especie

spp: especies

*T: Trichoderma*

Ufc: Unidades formadoras de conidias

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a la Universidad de Cuenca por haberme abierto las puertas para cursar esta maestría, así como a los diferentes docentes quienes día a día compartieron sus conocimientos de manera desinteresada.

Agradezco profundamente al Ing. Msc. Walter Larriva por el apoyo brindado como director de tesis, a los miembros del tribunal de revisión Ing. Msc. Eduardo Chica, y Dra. Cecilia Palacios; de manera muy especial al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Azuay y al Comité Promejoras Luz María, por las facilidades prestadas para el desarrollo y feliz término del presente trabajo investigativo.

Ing. Cristian Zhirvi Ordóñez



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, a mi esposa y a mi hijo, quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas, apoyándome siempre para poder cursar esta especialización y culminar con éxito la misma.

Ing. Cristian Zhirvi Ordóñez



## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El cultivo de café constituye un rubro de gran importancia económica y social para el país, debido al gran valor de su producción, generación de trabajo y las divisas que aporta la exportación; se estima que éste cultivo genera trabajo para 650.000 personas en forma directa, y produce 666,8 millones de dólares de divisas para el país. Tiene un rango de adaptación que va desde los 300 hasta los 1800 msnm, y se lo cultiva a nivel de todas las provincias del país, con un total aproximado de 130.000 UPAS, en su mayoría con superficies menores de 5 hectáreas (Criollo & Valarezo, 2003; ANACAFÉ, 2014).

Según datos del COFENAC en la época de los 80 en el país se cultivaba 420.000 ha., mientras que ya para el año 2000 se produjo una significativa reducción a 272.560 hectáreas, esto debido a ciertos factores como: el ataque de plagas y enfermedades roya y broca principalmente, caída de los precios, y el abandono de las plantaciones derivado de la creciente migración en algunas zonas cafetaleras; otro factor importante a considerar es que en la actualidad existen plantaciones demasiado viejas de baja productividad lo cual sumado a la escasez de viveros certificados que provean plántulas de buena calidad, ocasiona que se haya dificultado la renovación de plantaciones.

Actualmente existe un crecimiento sostenible en la demanda de café agroecológico de altura en el exterior y con un importante potencial de desarrollo. Así la tendencia actual de los consumidores hacia estilos de vida más sanos, alimentos saludables, de mayor calidad y compatibles con el medio ambiente, impulsan a los agricultores hacia sistemas de producción agroecológicos; ya que debido al uso indiscriminado de agroquímicos, en la agricultura convencional, ha provocado problemas de contaminación del medio ambiente (suelo, aire y agua), de ahí que se considera de mucha importancia buscar alternativas de producción limpia tanto a nivel de vivero, como de cultivos en producción (Rudy, Hugh, Almanza & Loza, 2011).

Al considerarse al hongo *Trichoderma sp.* como una alternativa para controlar eficientemente *Rhizoctonia sp.* a nivel de vivero, nos permitiría producir y ofertar plántulas sanas de café y producidas sin acción de fungicidas convencionales, con lo cual no contaminamos el suelo destinado a semillero/vivero (Cubillas et al., 2008).



## JUSTIFICACIÓN

ANACAFÉ (2014) sostiene que el manejo inadecuado del semillero es la principal causa de pérdida de plantas de café en ésta etapa fenológica, esto debido a que en dicha etapa prolifera el "mal del talluelo", también conocido como "damping off" y que es ocasionada por un conjunto de patógenos *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pytium sp.*, *Phytophthora sp.* y *Fusarium sp.* cuyo hábitat es el suelo. Esta enfermedad ocasiona pérdidas hasta del 65% de las plántulas de un semillero, lo que posteriormente se traduce en pérdidas en viveros y en plantaciones en campo definitivo. Para hacer frente a éste problema y al no contar con alternativas de control limpio, en la actualidad se utilizan fungicidas convencionales, los mismos que dé no ser adecuadamente empleados pueden tener, entre otros problemas, consecuencias ambientales.

Por ello el presente trabajo investigativo tuvo como objetivo evaluar la potencialidad de dos especies nativas y una comercial de *Trichoderma sp.*, como inoculante antagónico que inhibe el crecimiento y desarrollo de hongos fitopatógenos que habitan en el suelo y que ocasionan el damping off en una gran variedad de especies vegetales en general y del café en particular; y a su vez este mismo hongo permitirá el crecimiento y desarrollo de la raíz (*Coffea arabica* L.), con el propósito de generar una alternativa eficiente, no contaminante y de fácil aplicación en la obtención rápida de plántulas de café, y libre de enfermedades a nivel de vivero.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar la eficiencia de dos especies nativas y una comercial de *Trichoderma sp.*, como agentes de control del hongo que causa damping off (*Rhizoctonia sp.*) y como estimulantes para la germinación, emergencia, crecimiento, y desarrollo de plántulas de café variedad Bourbon a nivel de vivero en la comunidad de Luz María, de la Parroquia Molleturo.

### Objetivos Específicos

- Aislar especies nativas de *Trichoderma spp.*, de ecosistemas naturales y de agro ecosistemas.
- Comparar los efectos de 2 especies nativas y una comercial de *Trichoderma spp.* en el control de damping off (*Rhizoctonia sp.*) en semillero.





- Comparar los efectos de 2 especies nativas y una comercial de *Trichoderma spp.* en la emergencia, crecimiento y desarrollo de plántulas de café variedad bourbón en vivero.
- Determinar la dosis de aplicación más eficiente.
- Analizar los costos de producción de las plántulas de café.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis nula**

Las especies nativas de *Trichoderma sp.* no controlan *Rhizoctonia sp.*, no son potenciales estimulantes en la germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de plántulas de café en semillero.

### **Hipótesis alternativa**

Las especies nativas de *Trichoderma sp.* controlan *Rhizoctonia sp.*, son potenciales estimulantes en la germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de plántulas de café en semillero.



## CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultivo de Café

#### 2.1.1 Generalidades

El café arábigo es originario de África, de tierras altas de más de 1000 msnm en Etiopia y Sudán, su cultivo se extendió entre los años 1600 - 1700 a Ceylán, posteriormente a Java y la India, así como en otras regiones de Asia y África. En 1708 es introducido a países europeos como Holanda y Francia; en 1727 se extiende por América del Sur destacándose países como: Brazil, Perú, y Paraguay. En 1740 es introducido en Puerto Rico y El Salvador; a nuestro país ingresa en el año de 1784 (Alvarado & Rojas, 1994).

La planta de café es un arbusto perenne, dicotiledóneo, que pertenece a la familia de las *Rubiaceae*, alcanzan alturas de hasta 10 m en estado silvestre y en cultivos controlados hasta 3 m. facilitando su manejo y cosecha. Éste arbusto generalmente crece en el estrato más bajo de bosques tropicales. Las ramas primarias de las plantas son opuestas en sentido horizontal y las hojas crecen en pares en tallos cortos, con longitudes de hasta 15 cm, con coloraciones verdes oscuras y de aspecto brillante (Doyle *et al.*, 2001)

El cultivo de café tiene un amplio rango de adaptación que va desde los 500 a 1700 msnm, de clima húmedo a semicálido, la temperatura promedio anual favorable se ubica entre los 18 a 22 °C, con precipitaciones promedio de 1000 - 2500 mm y una humedad relativa del 70 %, con cubiertas vegetales conformadas por especies que sirven de sombra (árboles nativos y exóticos), que ayudan a regular los patrones de humedad y variación térmica del ambiente (Ciriaco, 2012; Heredia, 2011).

Los tipos de suelo adecuados para el cultivo de café son de textura franca, con buena fertilidad, drenaje y aireación; de pH ácido a ligeramente ácido (6 – 6,5), buena profundidad efectiva y adecuado contenido de materia orgánica (Ciriaco, 2012).

#### 2.1.2 Importancia Económica

ANECAFÉ (2002). Sostiene que en el país se cultiva café en 20 de las 22 provincias, lo cual denota su gran importancia socioeconómica en el sector agropecuario



nacional. Pues se estiman que en la región costa existen 112.00 has, en la sierra 62.000 has., en el oriente 55.000 has, y en la región insular 1.000 has.

El cultivo del café constituye uno de los productos agrícolas más importantes para la generación de divisas en el país. Durante los últimos 20 años, el promedio anual de exportaciones bordeó 1'900,000 quintales (sacos de 45 kg) equivalentes a US\$ 160'000.000 en divisas. Las estadísticas del Banco Central del Ecuador reflejan que, en la última década, estas divisas por conceptos de exportaciones de café representaron en promedio el 4% de aquellas por exportaciones totales y 9% de las no petroleras. (ANECAFÉ, 2002).

Ecuador posee un gran potencial como productor de café, y es uno de los pocos países a nivel mundial que exporta todas las variedades de café: arábigo y robusta. Su ubicación geográfica privilegiada permite la producción de ésta especie en diferentes pisos altitudinales con los mejores resultados, obteniéndose excelente calidad de tasa (café de primera), que es altamente demandada en los países europeos. (COFENAC, 2011)

### 2.1.3 Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub-División: Angiospermae

Clase: Magnoliata

Sub-clase: Asteridae

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: *Coffea*

Especie (s): *C. arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*, etc.

(Alvarado & Rojas, 1994).

### 2.1.4 Morfología

El café es un arbusto que puede alcanzar entre dos a seis metros de altura, es de hoja perenne y comienza a producir flores a partir del primer año.



## **Raíces**

La planta dispone de una raíz principal pivotante, con una longitud en planta adulta de 50 a 60 cm aproximadamente, a su vez las raíces secundarias (de sostén y laterales) tienden a originarse a partir de la dicha raíz pivotante (Ciriaco, 2012).

## **Tallo**

Es leñoso, erecto y de longitud diversa de acuerdo a la variedad, clima y tipo de suelo, su tamaño varía entre 2 a 2,5 m. en caso de variedades cultivadas (Alvarado & Rojas, 1994).

## **Ramas**

Se las conoce como ramas laterales o primarias, las cuales se disponen opuestas y alternas y de ellas nacen las ramas secundarias, además éstas últimas pueden originar ramas terciarias (Alvarado & Rojas, 1994).

## **Hojas**

La lámina de la hoja tiene un tamaño de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada (Alvarado & Rojas 1994).

## **Flores**

La floración del café es marcadamente estacional, en las axilas de las hojas se presentan las yemas florales, el número promedio de flores por nudo es de 40 flores, 20 en cada axila. Posee ovario súpero con dos óvulos que forman el gineceo; la fecundación es autógama (Ciriaco, 2012; Alvarado & Rojas, 1994).

## **Fruto**

Una vez que ocurre la fecundación el ovario se transforma en fruto y sus dos óvulos en semillas; el fruto maduro es una drupa elipsoidal, ligeramente aplanada (Alvarado & Rojas, 1994).

## **Semilla**

Constituye el endospermo, ya que el embrión que se encuentra en la parte basal es de tamaño reducido, es de aspecto coriáceo de un color verdoso o amarillento, y forma

un repliegue que inicia en el surco de la cara plana. El embrión mide de 1 a 2 mm, consta de un hipocotilo y de 2 cotiledones yuxtapuestos que miden de 2 a 5 mm de largo (Alvarado&Rojas. 1994).

### 2.1.5 Variedades

A nivel mundial existen 3 especies de café cultivadas comercialmente: *arabica* y *canephora* principalmente y *libérica* en menor escala. La primera es la más apreciada y cultivada, pues así representa las tres cuartas partes de la producción mundial de café (Alvarado & Rojas, 1994; Ciriaco, 2012).

La especie *Coffea arabica* L. aproximadamente representa entre el 80 al 90 % de la producción mundial de café especial, las dos variedades originales son reconocidas como: *Coffea arabica* L. var. *arabica* típica, y la *Coffea arabica* L. var. *bourbon*. Las variedades de dicha especie crecen mejor en altitudes superiores a los 900 metros, cuanto mayor es la altitud, mejor serán las cualidades organolépticas del grano de café; entre las variedades más cultivadas de dicha especie tenemos: Típica, bourbon, caturra, catuaí, mundo novo, etc (Alvarado & Rojas, 1994; Ciriaco, 2012).

A su vez la especie de café *Coffea canephora* P. conocida también como robusta representa el 20 % de la producción mundial, se cultiva en alturas entre 0 a 1300 msnm, son de porte alto, reproducción alógama, mediana calidad de taza y de altos rendimientos. Mientras tanto la variedad de café *Coffea liberica* no es de gran importancia comercial, pues representa el 1 % de la producción mundial, debido a que no produce una buena calidad de taza (Alvarado & Rojas, 1994; Cano *et al.* 2004.).

### Variedad Bourbon



**Fuente:** ANACAFÉ 2014.

**Figura 1.-** Planta de café arábigo variedad bourbón rojo.

Esta variedad es originaria de la Isla Reunión, antes llamada Bourbon, situada cerca de Madagascar, al sureste de África, fue introducida al Ecuador en el año 1956. Es de



porte alto (3 m.), de forma ligeramente cónica, las bandolas (ramas) forman ángulos de 45 grados con el eje principal, entrenudos más cortos que la variedad Typica, tallo flexible, hojas medianas redondeadas, brotes terminales de color verde claro y fruto grande de color rojo o amarillo, de excelente calidad de tasa, de maduración precoz; es una variedad susceptible a la roya, cercospora y a vientos fuertes, presenta riesgos de caída de frutos por lluvias excesivas, la maduración, del fruto es temprana y homogénea en relación a las variedades de porte bajo, se obtiene mayor producción cuando se cultiva entre 1000 y 2000 msnm, con una densidad de siembra de 3333 plantas por hectárea, los rendimientos son altos entre 41 a 55 qq/ha (Alvarado & Rojas, 1994, ANACAFÉ, 2014).

### **2.1.6 Propagación**

La propagación del café en la mayoría de países productores de ésta especie se realiza de manera sexual, por semillas; para ello es necesario establecer germinadores y viveros, de manera que en 6 a 8 meses se pueda obtener plántulas para el trasplante, ésta técnica es muy utilizada para *Coffea arábica* L. aprovechando su hábito de reproducción autógama, que permite tener mayor homogeneidad en las plantas. También se puede propagar el café de manera asexual mediante injertos, método muy utilizado en *Coffea canephora* P.; además, se puede emplear alternativas como enraizamiento de estacas y cultivos de tejidos en laboratorio. (Echeverría, 2008).

### **Reproducción Sexual del Café**

#### **a) Fase de Germinación**

Se debe utilizar semilla de calidad, previamente seleccionada en campo de plantas entre 4 y 8 años de edad, sanas y de alta producción; cosechar cerezos maduros, realizar la primera selección haciendo flotar los frutos, despulpar, fermentar, lavar y secar bajo sombra. Una vez realizado éste proceso se coloca la semilla en arena, para que se desarrollen la radícula y las hojas cotiledonales. Se usa como principal sustrato arena lavada de río, para obtener 3000 plántulas se requiere 1 kg de semilla. (Ciriaco, 2012).

#### **b) Fase de Vivero**

La primera actividad es seleccionar un terreno plano, de fácil acceso, cercano a



fuentes de agua, con cubierta de sarán al 65%, utilizar bolsas negras de 17 cm de ancho x 22 cm de alto con agujeros de 1 mm, se llenan las fundas con sustrato cernido y desinfectado. Para realizar el repique se debe regar bien las fundas, y sacar las plántulas (chapolas) escogiendo las más vigorosas, sanas y con una raíz bien formada, descartando las de raíz torcida; para el repique se hace un agujero con una estaca cónica de punta aguda y se introduce la planta erguida luego se la cubre con el sustrato y se le riega (Ciriaco, 2012).

### **2.1.7 Enfermedad del semillero o damping off**

Esta enfermedad es típica del semillero o almácigo y es ocasionada por un complejo de hongos, pertenecientes a los géneros: de *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, y *Phytophthora*. La enfermedad es favorecida por sustrato contaminado, exceso de humedad y sombra en el vivero. Esta se presenta a los pocos días de la germinación, afectando generalmente en el estado fenológico llamado de fosforito o de chapola y se manifiesta con la aparición de lesiones necróticas de color café rojizo en el tejido tierno de la base del tallo que se extienden hasta circundarlo y estrangularlo; en éstas condiciones se puede observar marchitez en las hojas, desprendimiento de la corteza debido a la desintegración del tejido y doblamiento del tallo, todo lo cual provoca la muerte de la planta (ANACAFÉ, 2014).

Del complejo de hongos que causan el damping off, uno de los que más frecuentemente está presente en el lugar de estudio y afecta a las plantas de café a nivel de semillero y vivero es *Rhizoctonia sp.*, esto posiblemente debido a la alta presencia del patógeno, más las condiciones favorables climáticas requeridas por el hongo para su desarrollo y un hospedero susceptible, son factores todos ellos que han sumado para que dicha enfermedad sea prevalente en la zona, afectando sobre todo a plántulas de café. El conjunto de los factores antes nombrados, no hacen más que ratificar la presencia del triángulo de la enfermedad, que al decir de autores como Agrios (2007), es fundamental que estos factores estén presentes en condiciones favorables para que un proceso infectivo o enfermedad se desarrolle.

#### **a) Importancia de la Enfermedad**

Ésta enfermedad se presenta en todo el mundo, provocando grandes pérdidas



económicas en cultivos anuales, hortalizas, flores, pastos, arbustos, e inclusive árboles perennes (Agrios, 2007). ANACAFÉ (2014), indica que los patógenos *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium* generalmente provocan pérdidas hasta del 65% a nivel de semillero, lo que posteriormente se traduce en pérdidas en viveros y en plantaciones en campo definitivo.

#### **b) Taxonomía**

|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| <b>Reino:</b>       | Mycetae            |
| <b>División:</b>    | Eumycota           |
| <b>Subdivisión:</b> | Deuteromycotina    |
| <b>Clase:</b>       | Agonomycetes       |
| <b>Orden:</b>       | Agonomycetales     |
| <b>Familia:</b>     | Agonomycetaceae    |
| <b>Género:</b>      | <i>Rhizoctonia</i> |
| <b>Especie:</b>     | <i>solani</i>      |

(Agrios, 2007).

#### **c) Sintomatología**

*Rhizoctonia solani* puede provocar el ahogamiento de plántulas, las cuales pueden resultar afectadas antes o después de la emergencia; así antes de la emergencia éste hongo mata el ápice de crecimiento ocasionando la muerte definitiva de plántulas; sin embargo, de las plántulas que han emergido y que no han sido “ahogadas”, el hongo ataca su tallo, volviéndolo, blando, necrótico, e incapaz de sostener la plántula, por lo que se desploman y mueren.

Las lesiones ocasionadas por el Mal del Talluelo generalmente tienen el aspecto de canchales profundos café rojizos, que pueden tener tamaño limitado o incluso llegar a rodear por completo la porción del tallo que se encuentra cerca de la superficie del suelo (Agrios, 2007).

#### **d) Descripción del Patógeno**

Este patógeno forma micelio estéril, el cual es incoloro en su etapa juvenil, volviéndose amarillando y café conforme se produce su madurez. El micelio consta de células largas y produce ramificaciones que crecen casi en ángulo recto con respecto de la





hifa principal, las cuales se estrechan ligeramente a nivel de la bifurcación y poseen una septa cerca de ella. A su vez las características de la ramificación comúnmente constituyen los únicos medios para identificar éste hongo. *Rhizoctonia solani* (Kühn) muy rara vez produce un estado perfecto de basidiomiceto conocido como *Thanatephorus cucumeris* (Frank) (Agris, 2007).

### **e) Manejo de la Enfermedad**

*Rhizoctonia solani* (Kühn) se transmite por semillas, de ahí que es importante al establecer semilleros trabajar con semilla desinfectada y libre del patógeno, de igual manera debe evitarse cultivar en tierras muy húmedas y muy poco drenadas, si es posible sembrar en camas elevadas. Debe haber espacios amplios entre las plantas para que se permita una buena aireación de la superficie del suelo y de las plántulas (Agris, 2007).

Agris (2007) en su publicación manifiesta que también se puede esterilizar el suelo utilizando agua caliente, vapor de agua, o bien tratarse con compuestos químicos tales como: iprodione, clorotalonil, captan, carboxina, triadimefon, tiofanato de metilo.

En la actualidad se viene realizando esfuerzos por desarrollar métodos de control biológicos, ya que *Rhizoctonia sp.* ha mostrado ser susceptible a la actividad parasítica y antagónica del hongo *Trichoderma spp.*, *Gliocladium spp.*, *Laestisaria spp.*, constituyéndose todos ellos en una muy buena alternativa tecnológica para el manejo de problemas fitosanitarios patológicos a nivel de semillero/vivero en la producción de plantas de café (Hoyos et al., 2008).

## **2.2 *Trichoderma spp.***

### **2.2.1 Generalidades**

El hongo *Trichoderma* fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas, se lo puede encontrar en diferentes zonas y hábitats, especialmente donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sustratos confiere a *Trichoderma* la posibilidad de ser utilizado en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos para su multiplicación y establecimiento (Sivila & Alvares, 2013).



### 2.2.2 Taxonomía

|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| <b>Reino:</b>       | Mycetae            |
| <b>División:</b>    | Eumycota           |
| <b>Subdivisión:</b> | Deuteromycotina    |
| <b>Clase:</b>       | Hyphomycetes       |
| <b>Orden:</b>       | Hyphales           |
| <b>Familia:</b>     | Moniliaceae        |
| <b>Género:</b>      | <i>Trichoderma</i> |
| <b>Especie:</b>     | <i>spp.</i>        |

(Agrios, G. 2007).

### 2.2.3 Caracterización

*Trichoderma* es un hongo anaerobio facultativo, la mayoría de las colonias de éste hongo en su inicio tienen color blanco, después se torna a verde oscuro o amarillento como consecuencia de una densa esporulación, 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). Esta gruesa pared se diferencia de la pared celular de las células vegetativas del hongo (hifas y clamidosporas), las cuales son mucho más delgadas y no está formada por capas constitutivas como las esporas. 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. En consecuencia, las conidias son verdaderas semillas que utiliza el hongo para colonizar nuevos sustratos y, en el caso de *Trichoderma*, es el principal producto a obtener en la producción comercial y/o artesanal. (Sivila & Alvares, 2013).

### 2.2.4 Aplicaciones

*Trichoderma* es uno de los agentes de biocontrol más promisorios por sus propiedades antagónicas frente a los hongos patogénicos de plantas, sobre todo porque ellos pueden estar en la rizósfera y colonizar y proteger las raíces de las plantas, como también colonizar flores, semillas y/o hojas reduciendo daños de enfermedades en un



amplio rango de cultivos. (Sivila &Alvares, 2013).

La especie *Trichoderma hamatum* cuando es incorporada al suelo, se constituye como un potencial biocontrolador, puesto que ataca a *Pythium spp.*, y *Rhizoctonia solani* (Kühn), hongos causantes de la secadera de plántulas (Chet, Harman & Baker, 1981).

Este hongo adicionalmente produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo vegetal, las cuales han sido identificadas en el laboratorio, como son las auxinas, citoquininas, etileno. Además se ha descrito la producción de fitohormonas, tales como indol, ácido acético y etileno; y moléculas de citoquininas y giberelinas GA3, involucradas en eventos de estimulación de crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de éstas, acelerando un desarrollo más rápido. Las cepas de *Trichoderma* son capaces de colonizar la superficie de la raíz y de la rizósfera a partir de la semilla tratada, protegiendo a las mismas de enfermedades fungosas. Así las semillas reciben una cobertura protectora cuyo efecto se muestra cuando la misma es plantada en el sustrato correspondiente (Castro & Rivillas, 2012; ECURED, 2014).

#### **2.4.5 Mecanismos de Acción**

Existen tres mecanismos de acción atribuidos a *Trichoderma spp.* en cuanto se refiere a su acción bioreguladora de organismos patógenos.

##### **a) Micoparasitismo**

Es considerado el mecanismo de acción más importante, ya que involucra un proceso complejo de producción de enzimas líticas tales como: quitinasas, glucanasas, celulasas, xylanases, laminarinasas, esterases, glucosidasas, lipasas y proteasas. 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 (Castro & Rivillas, 2012).



## b) Antibiosis

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 (Castro & Rivillas, 2012).

## Competencia

Otro de los mecanismos importantes de biocontrol atribuidos a *Trichoderma spp.* es la competencia por espacio y nutrientes. Pues este hongo al colonizar la rizosfera tiene una rápida tasa de desarrollo, lo que hace que sea un fuerte competidor por espacio. Además, éste hongo tiene una capacidad mayor de movilizarse y tomar los nutrientes del suelo, siendo muy versátil para utilizar sustratos como fuente de carbono y nitrógeno, lo cual le permite colonizar un medio rápidamente, evitando la proliferación de otros microorganismos en el mismo hábitat (Castro & Rivillas, 2012).

## 2.4.6 Producto Comercial TRICHO-AGRO



**Fuente:** Agroscopio, 2015.

**Figura 2.-** Producto comercial de *Trichoderma harzianum* (Rifai).

Este producto está formulado a base de *Trichoderma harzianum* (Rifai), que es un hongo antagónico anaerobio facultativo, utilizado como biofungicida con amplio rango de acción frente a hongos fitopatógenos causantes de diferentes enfermedades en los cultivos. Es muy utilizado para el control biológico de enfermedades fúngicas, debido a que la sinergia entre los distintos mecanismos antagónicos como: micoparasitismo, antibiosis, competencia de nutrientes y espacio, le confieren excelentes propiedades bioreguladoras. (Microfarming, 2012).

Al decir de los fabricantes, Tricho-agro es muy efectivo contra: *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Fusarium sp.*, *Pythium sp.*, *Botrytis sp.*, *Alternaria sp.*, *Phytophthora sp.*, *Rosellinia sp.*, *Rosellinia sp.*, *Armillaria sp.*, *Sclerotium sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Cylindrocladium sp.*, entre otras. Adicionalmente se manifiesta que éste producto estimula el crecimiento radicular de plantas, protege las raíces, estimula el crecimiento de la planta y además ayuda a activar los mecanismos naturales de defensa, mejorando consistentemente la nutrición y fisiología, obteniendo mayores rendimientos de los cultivos (Microfarming, 2012).

## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación del Ensayo

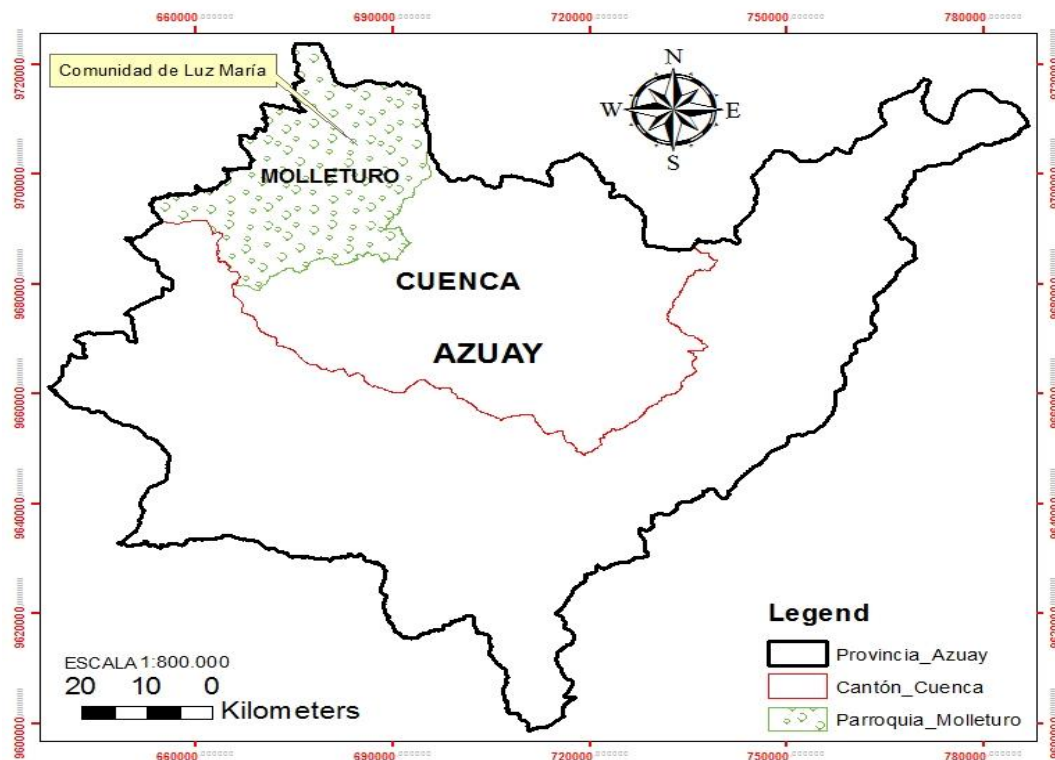
El presente trabajo investigativo se llevó a cabo en la Parroquia Molleturo la cual se encuentra ubicada a 62 km al noroeste del cantón Cuenca, provincia del Azuay, en las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes. Específicamente en la comunidad de Luz María, con el Comité Promejoras Luz María, que está conformado por 30 agricultores cuya economía radica en la producción de café y naranjilla. El sitio de investigación tiene un rango de temperatura de 14 - 20° C, con una precipitación promedio anual de 900 mm, y con una humedad relativa de 75%.

Las coordenadas del sitio de investigación son:

X: 17M 676763 mE

Y: 9702896 mS

Z 1683 msnm.



Fuente: Equipo de Investigación.

Figura 3.- Mapa de ubicación del sitio de Investigación



## 3.2 Materiales

Para la realización del presente experimento se necesitó de equipos y materiales de laboratorio como: microscopio, esteromicroscópio, autoclave, cámara de Neubauer y cristalería en general. En tanto que para el trabajo de campo se emplearon herramientas y otros utensilios.

Entre los materiales químicos y biológicos utilizados fueron: PDA, hipoclorito de sodio, azul de metileno, captan, especies de *Trichoderma*, semilla de café, humus de lombriz y mantillo de bosque.

## 3.3 Metodología

### 3.3.1 Fase de Laboratorio

#### a) Aislamiento De Cepas Nativas De *Trichoderma spp.*

Se tomaron muestras de suelo de un cultivo de café y de un chaparro cercano a el área de estudio, las muestras se llevaron al laboratorio de bioinsumos del MAGAP en el cantón Sigsig en donde se aislaron 2 especies de *Trichoderma*: *T. harzianum* (Rifai) y *T. koningii* (Qudem). La concentración se determinó mediante conteo de esporas en la cámara de Neubauer, obteniéndose una concentración de  $1 \times 10^6$  ufc para las 2 especies.

#### b) Aislamiento de *Rhizoctonia sp.*

Se tomaron muestras de plántulas de café afectadas con damping off de un semillero convencional existente cerca del área de estudio; dichas muestras se llevaron al laboratorio, lugar en cual se realizó la identificación. Se efectuó el aislamiento monomicelial, obteniéndose cepas puras del hongo. La concentración se determinó mediante conteo de esporas en la cámara de Neubauer, dando una concentración de  $1,5 \times 10^7$  ufc.



### 3.3.2 Fase de Campo

#### a) Etapa de Semillero

##### Pruebas de germinación

Se realizó la prueba de germinación de la semilla de café en el invernadero de la comunidad en el que se efectuó la investigación. A los 45 días se evaluó la germinación de las semillas, obteniéndose un valor de 98 %.

##### Construcción de Vivero y Germinadores

Se implementó un vivero de 40 m<sup>2</sup>, con techo plástico de color blanco calibre 6 mm, paredes constituidas con sarán, riego por micro aspersion, se construyeron 44 cajas de madera de 30 x 35 cm, con perforaciones en los costados, ubicándose las cajas dispuestas en 4 columnas, de acuerdo a la distribución de los tratamientos. El sustrato utilizado para el llenado en las cajas fue arena cernida y desinfectada en el autoclave.

##### Selección y Tratamiento de Semillas

Se empleó 1 kg de semilla de café variedad Bourbon Rojo proveniente del cantón Cariamanga, Provincia de Loja; previo a la siembra se remojó la semilla por 12 horas.

##### Siembra

Diez días antes de la siembra se procedió a inocular el sustrato estéril, utilizando 5 cc/litro de agua, de las cepas puras de *Rhizoctonia sp.* en concentraciones de  $1,5 \times 10^7$  ufc. Se realizó la siembra colocando una a una las semillas sobre los surcos trazados en distancias de 5 cm entre hileras, dando un total de 50 semillas por unidad experimental. Luego se taparon las semillas con arena estéril, e inmediatamente se inoculó los tratamientos con las especies nativas de *Trichoderma harzianum* (Rifai) y *Trichoderma koningii* (Qudem) en la concentración de  $1 \times 10^6$  ufc para cada una de las especies de *Trichoderma*, en dosis de 15 – 20 – 25 cc/litro de agua de acuerdo a los tratamientos. A su vez se inocularon los tratamientos respectivos con la especie comercial de *Trichoderma harzianum* (Rifai) ( $1 \times 10^7$ ), en dosis de 1,5 – 2 – 2,5 gramos/litro de agua, conforme correspondía. Finalmente se aplicó al tratamiento químico (Captan) en dosis de 2 gramos/litro de agua, y el absoluto fue regado únicamente con agua estéril.





## **Mantenimiento y evaluación de resultados**

Se realizaron riegos permanentes pasando un día, manteniendo los germinadores a capacidad de campo; a partir de los 45 días empezaron a germinar y emerger las plántulas, procediéndose a tomar cada uno de los datos pre establecidos. A los 90 días se evaluó la incidencia de damping off, se registraron los resultados de la primera fase de la investigación, para su posterior análisis estadístico.

## **Análisis de Laboratorio**

Se tomaron muestras de plántulas enfermas, mismas que fueron trasladadas al laboratorio en donde se procedió nuevamente con el protocolo de aislamiento y purificación de hongos descrito anteriormente, a fin de determinar el agente causal de la enfermedad, verificándose la presencia de *Rhizoctonia spp.* en las muestras analizadas.

### **b) Etapa de Vivero**

#### **Obtención de Plántulas**

Se preparó un germinador madre de 1 m<sup>2</sup> obteniéndose 3000 plántulas (chapolas), las mismas que fueron empleadas para el repique a fundas de vivero; se seleccionaron 1200 chapolas, escogiéndose las más homogéneas posibles.

#### **Preparación de sustrato y llenado de fundas**

Se preparó el sustrato utilizando una mezcla en una proporción de 3:1:1 Tierra: Arena: Humus, obteniéndose 450 kg de sustrato, la desinfección del sustrato se realizó en la autoclave, se trabajó con fundas de 4 x 6 pulgadas, con perforaciones laterales. Se realizó el enfundado con el sustrato, acomodándose las fundas de acuerdo a la distribución de los tratamientos, se acomodaron 30 fundas por unidad experimental y se procedió con el repique respectivo.

#### **Evaluación de Resultados**

Se realizó la toma de datos a los 90 días del repique, para lo cual se tomaron muestras aleatorias de 20 plantas por unidad experimental. La deshidratación de raíces y de la



parte aérea de las plántulas de los diferentes tratamientos se realiza en el laboratorio de la Universidad de Cuenca, en la granja El Romeral en el cantón Guachapala.

Se evaluaron los siguientes parámetros: Tamaño de raíz (cm), tamaño de la parte aérea (cm), diámetro del cuello de la planta (cm), número de hojas (unidad), peso fresco de raíces (gramos), peso fresco de la parte aérea (gramos), biomasa seca de raíces (gramos), biomasa seca de la parte aérea (gramos).

### 3.3.3. Diseño Experimental

Para la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar en Arreglo Factorial de 3 x 3 con un testigo químico y un testigo absoluto con 4 repeticiones, los factores evaluados constituyeron dos especies nativas y una comercial de *Trichoderma* sp., aplicadas en 3 dosis.

- Total de Tratamientos: 11
- Número de Unidades Experimentales: 44.
- Unidad Experimental:

En Semillero: Cada unidad experimental fue de 0,10 m<sup>2</sup>, en la cual se sembraron 50 semillas. Total, de semillas utilizadas para el experimento 2200.

En Repique: La unidad experimental la constituyeron 30 plántulas (chapolas), el total de plántulas utilizadas fue de 1320.

- Unidad de Muestreo:

En Semillero: La unidad de muestreo la constituyeron la totalidad de plántulas obtenidas dentro de cada unidad experimental.

En Repique: La unidad de muestreo la constituyeron 20 plántulas a los 90 días del repique, seleccionadas al azar dentro de cada tratamiento.

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados en la investigación.

|  |
|--|
| <b>Tratamiento 1:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) = 15 cm <sup>3</sup> /litro |
| <b>Tratamiento 2:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) = 20 cm <sup>3</sup> /litro |
| <b>Tratamiento 3:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) = 25 cm <sup>3</sup> /litro |
| <b>Tratamiento 4:</b> <i>Trichoderma koningii</i> (Qudem)= 15 cm <sup>3</sup> /litro   |
| <b>Tratamiento 5:</b> <i>Trichoderma koningii</i> (Qudem)= 20 cm <sup>3</sup> /litro   |
| <b>Tratamiento 6:</b> <i>Trichoderma koningii</i> (Qudem) = 25 cm <sup>3</sup> /litro  |
| <b>Tratamiento 7:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) Comercial = 1,5 gr/litro    |
| <b>Tratamiento 8:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) Comercial = 2 gr/litro      |
| <b>Tratamiento 9:</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) Comercial = 2.5 gr/litro    |
| <b>Tratamiento 10:</b> Testigo químico (Captán = 2 gr/litro)                           |
| <b>Tratamiento 11:</b> Testigo absoluto (agua estéril)                                 |

**Fuente:** Zhirvi C, 2016.

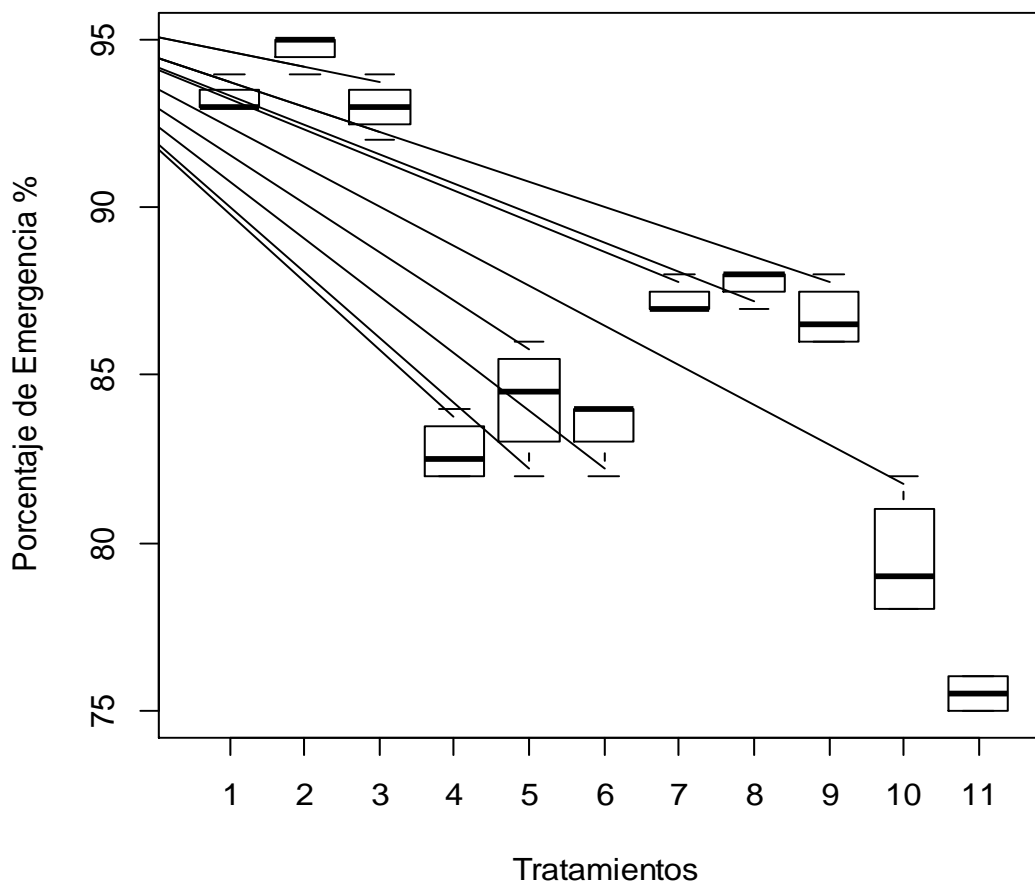
Para el análisis estadístico del presente trabajo investigativo se utilizaron los programas R-Projet e Infostat, para lo cual se realizó pruebas de homogeneidad de Bartlett, Anova, boxplots para tratamientos y dosis, y a su vez pruebas de contrastes entre tratamientos.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

En el presente trabajo investigativo se obtuvieron resultados importantes con respecto al uso de *Trichoderma spp.* y su efecto para controlar *Rhizoctonia spp* a nivel de semillero en plántulas de café variedad Bourbon Rojo.

### 4.1 Porcentaje de Emergencia

Para la variable porcentaje de emergencia de plántulas de café se observó un efecto altamente significativo entre especies (Tabla 3), obteniendo un mayor porcentaje de emergencia con *T harzianum* (Rifai) conforme se observa en la figura 4; sin embargo, se demuestra que el tratamiento con *T harzianum* (Rifai) aplicado en dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro de agua fue el que mayor control presentó; el tratamiento comercial se ubicó en segundo lugar, y a su vez el tratamiento testigo absoluto fue el que dio el menor porcentaje de emergencia de plántulas.



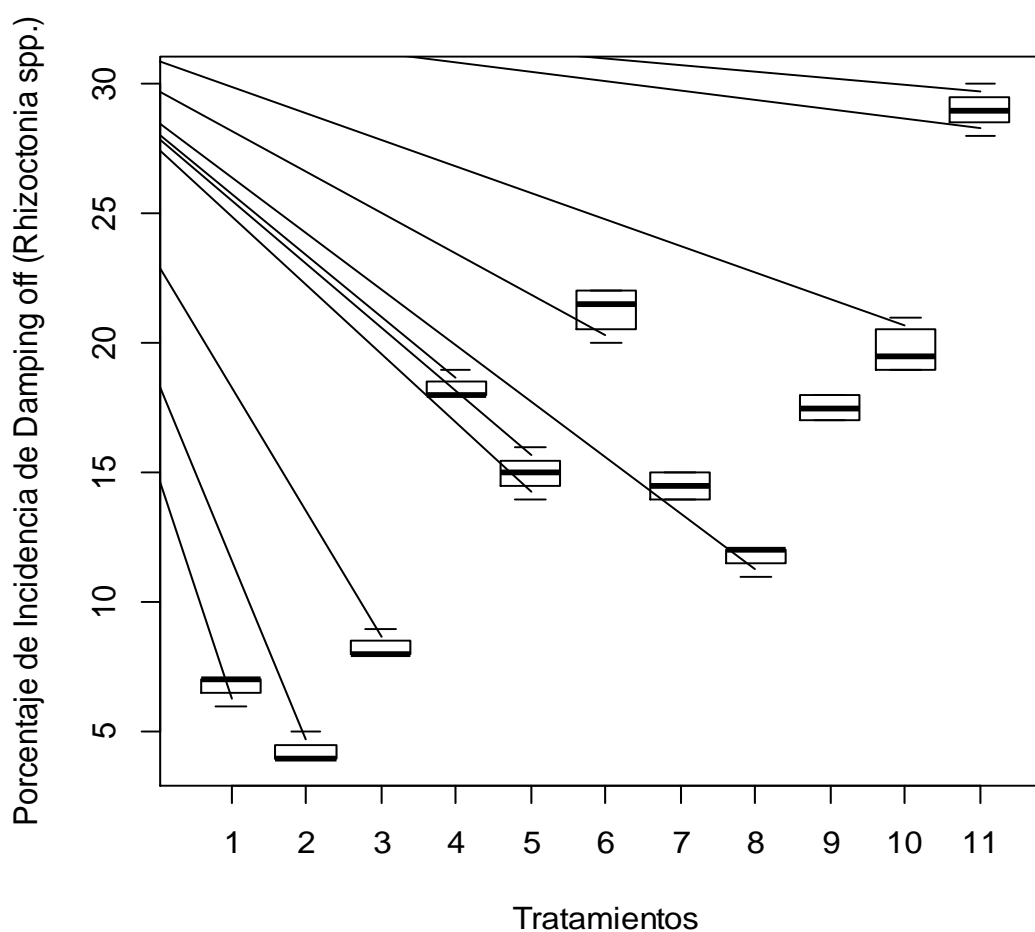
Fuente: Zhirvi C, 2016.

Figura 4.- Porcentaje de emergencia de plántulas de café (*Coffea arábica* L.) con diferentes tratamientos.

También se observó diferencias entre las dosis de *Trichoderma* utilizadas sin rangos significativos, por lo que se podría utilizar la dosis más baja considerando bajar costos de producción. Se realizaron también pruebas de contrastes entre tratamientos (Tabla 8), obteniéndose que los tratamientos *T harzianum* (Rifai), *T koningii* (Qudem), y *Trichoderma* comercial tuvieron un mejor efecto sobre los testigos químico y absoluto.

#### 4.2 Porcentaje de incidencia de Damping off (*Rhizoctonia sp.*).

Los resultados del porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia sp.* en plántulas de café mostraron ser altamente significativos tanto entre especies como dosis de aplicación (Tabla 4), resultando el mejor tratamiento la especie nativa de *T. harzianum* (Rifai) con dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro, ya que presenta el menor porcentaje de infección de la enfermedad (Figura 5).



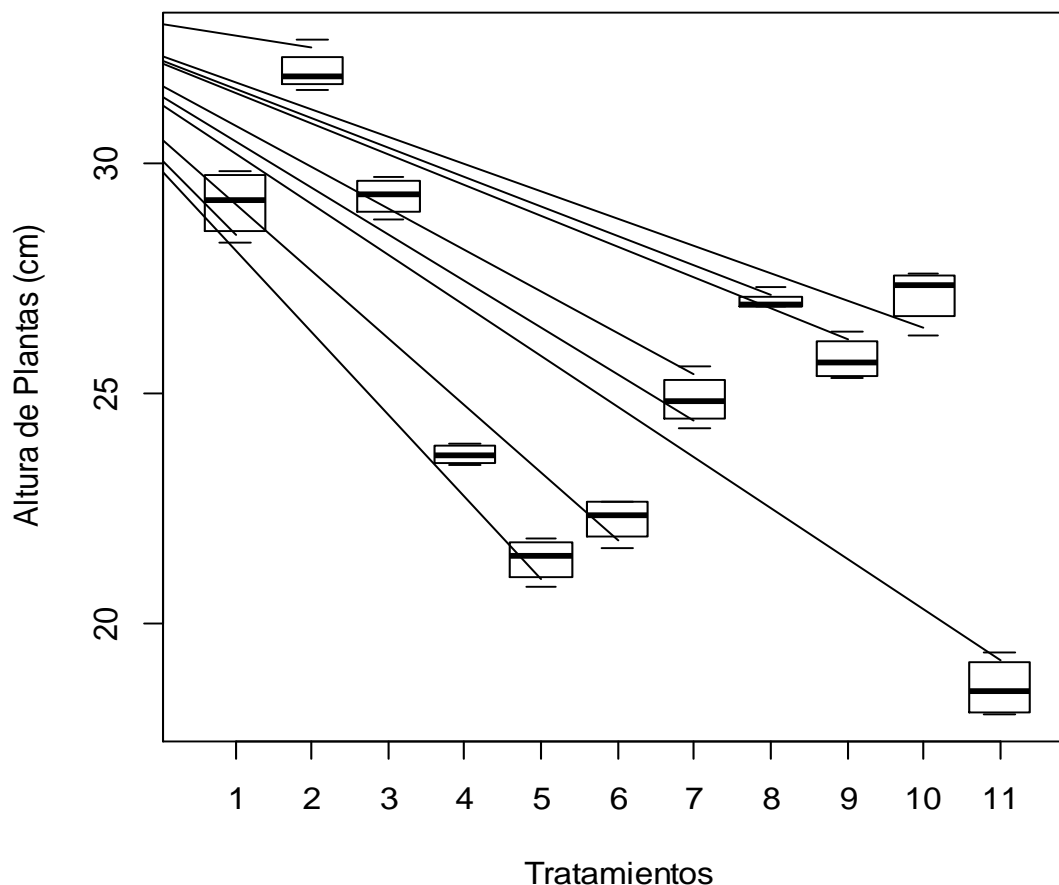
Fuente: Zhirvi C, 2016.

Figura 5.- Porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia sp.* en plántulas de café (*Coffea arábica* L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.

Realizada las pruebas de contrastes entre tratamientos (Tabla 9), se observa que los tratamientos *T. harzianum* (Rifai) y *Trichoderma* comercial tuvieron un mejor efecto de control de *Rhizoctonia spp.* comparados con el tratamiento *T. koningii* (Qudem) y los testigos químico y absoluto.

#### 4.3 Altura de Plantas

Realizado el Análisis de Varianza para la altura de plántulas de café a los 180 días de la siembra, se encontraron diferencias altamente significativas entre especies (Tabla 5), siendo el mejor tratamiento *T. harzianum* (Rifai) nativo ya que alcanzó mayor altura de plántula conforme se observa en la figura 6, y específicamente en dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro; mientras que los tratamientos *Trichoderma* comercial y el testigo químico superaron el efecto de *T. koningii* (Qudem) y al testigo absoluto.



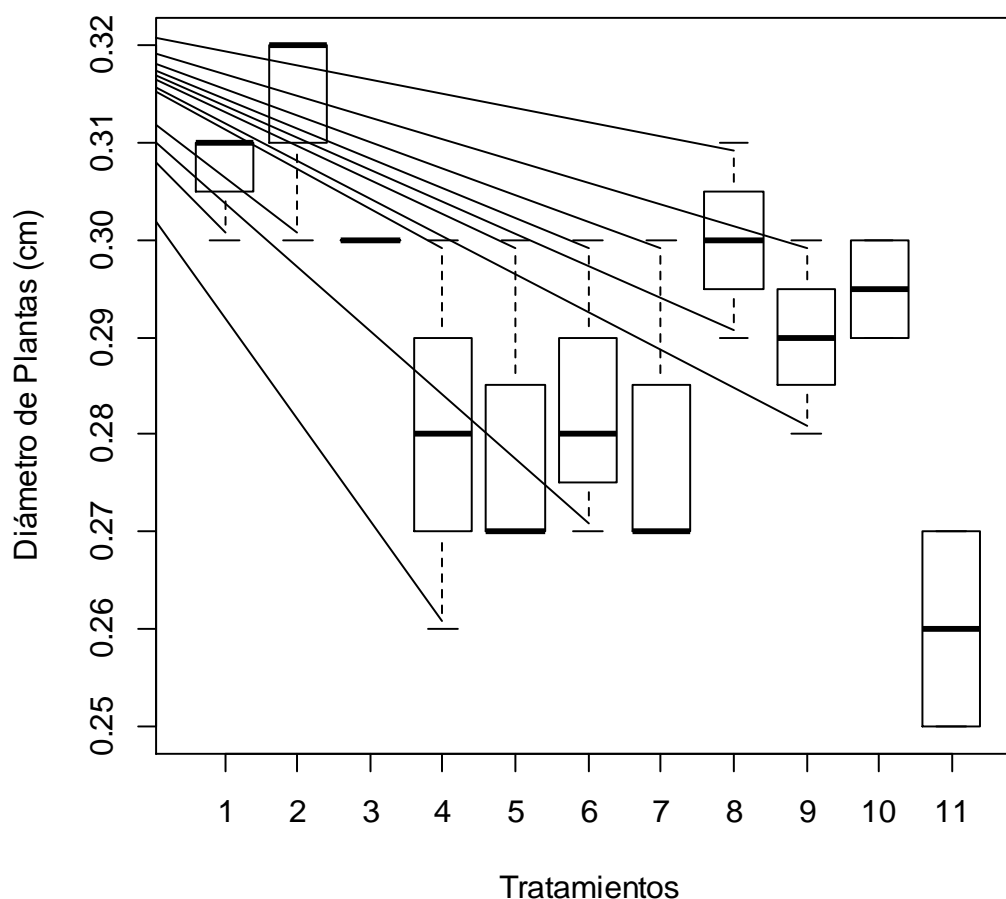
Fuente: Zhirvi C, 2016.

Figura 6.- Altura de plántulas de café con diferentes tratamientos, a los 180 días de la siembra.

Realizadas las pruebas de contrastes entre los tratamientos evaluados, se pudo observar que los tratamientos *T. harzianum* (Rifai), *Trichoderma* comercial, y el testigo químico (Tabla 10), permitieron obtener plántulas de mejor tamaño que el tratamiento *T. koningii* (Qudem) y que el testigo absoluto. Así también cabe recalcar que el tratamiento comercial tuvo similar comportamiento que el testigo químico.

#### 4.4 Diámetro de Plantas

En cuanto tiene que ver con el resultado del diámetro del tallo de plántulas de café, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre especies (Tabla 7), mostrándose como mejor tratamiento a *T. harzianum* (Rifai), mientras que el testigo absoluto fue el tratamiento que menor desarrollo de diámetros de tallos alcanzó (Figura 7). A su vez al analizar las dosis probadas, no hubo diferencias estadísticamente significativas.



Fuente: Zhirvi C, 2016.

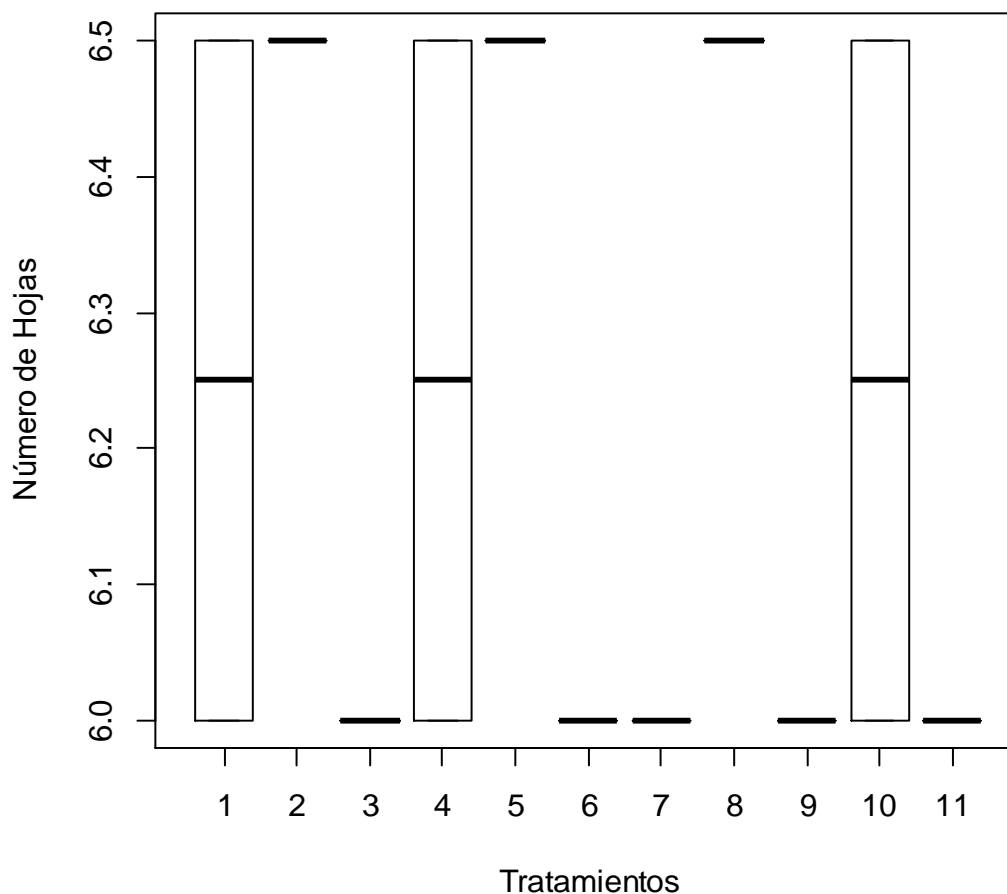
Figura 7.- Diámetro de plántulas de café con diferentes tratamientos, a los 180 días de la siembra.



Además, se realizaron pruebas de contrastes entre tratamientos (tabla 11), dando como resultado un mayor efecto en los diámetros de plántulas los tratamientos *T harzianum* (Rifai), *Trichoderma* comercial, y el tratamiento testigo químico, en comparación con el tratamiento *T koningi* (Qudem) y testigo absoluto.

#### 4.5 Número de Hojas

Esta variable no se pudo analizar estadísticamente debido a que no cumplía con las condiciones de homogeneidad de varianza; sin embargo, se observa en la figura 8 que las medias del testigo absoluto estuvieron por debajo de las medias de los tratamientos con *Trichoderma harzianum* (Rifai), *Trichoderma koningi* (Qudem), y el testigo químico.



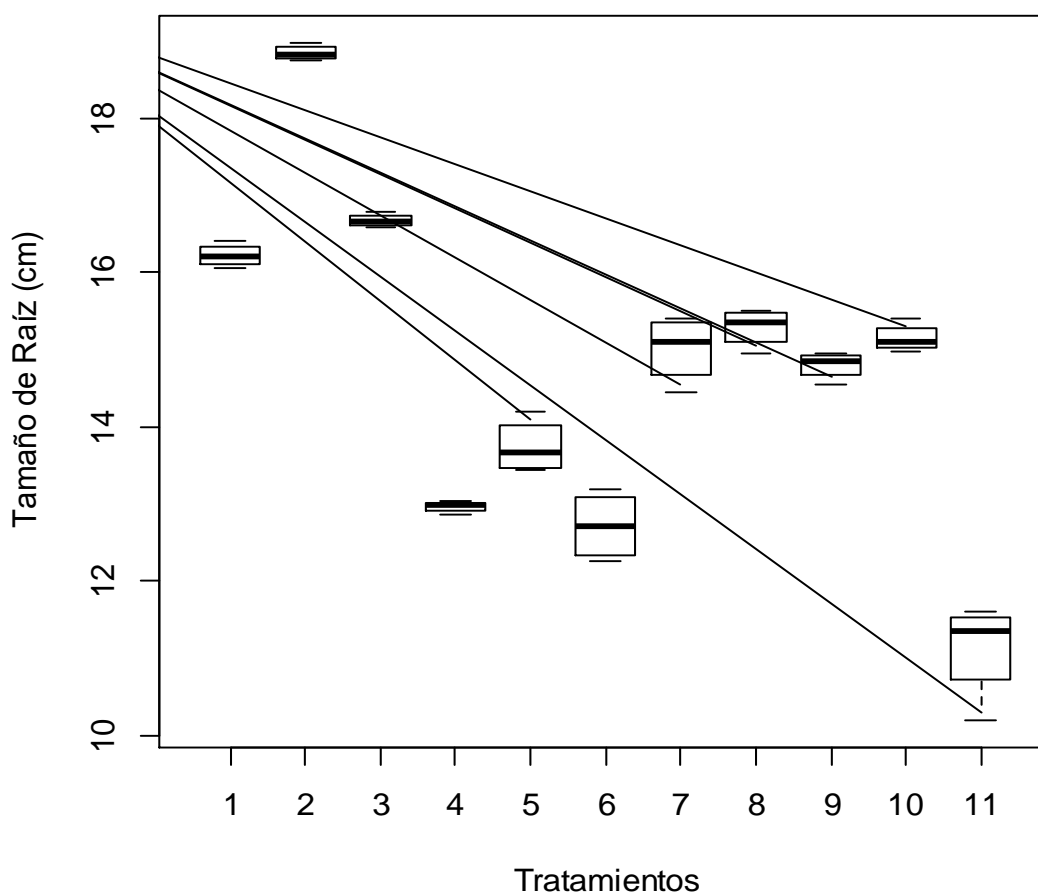
**Fuente:** Zhirvi C, 2016.

**Figura 8.-** Número de hojas de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra.



#### 4.6 Tamaño de Raíz

El análisis de la presente variable, muestra diferencias altamente significativas entre las especies de *Trichoderma* (Tabla 7), siendo el mejor tratamiento *T. harzianum* (Rifai), ya que presenta mayor tamaño de raíces (Figura 9), en tanto que para las dosis no se encontraron diferencias significativas. El testigo absoluto fue el que menor tamaño de raíz alcanzó en las plántulas evaluadas.



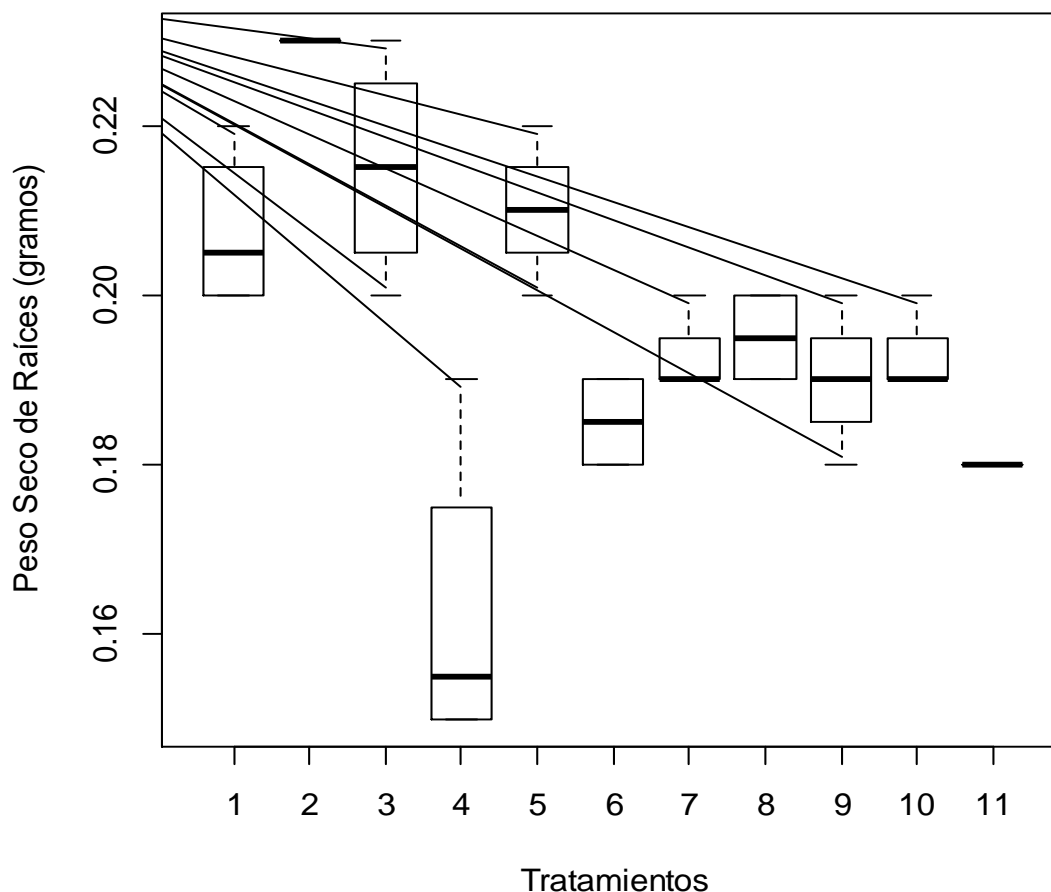
**Fuente:** Zhirvi C, 2016.

**Figura 9.** Tamaño de raíces de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra.

Realizadas las pruebas de contrastes entre los tratamientos evaluados, se pudo observar que los tratamientos *T. harzianum* (Rifai), y *Trichoderma* comercial (Tabla 12), tuvieron mejor efecto estimulante de crecimiento de raíces que el testigo químico, a su vez el testigo químico tuvo mejor comportamiento que los tratamientos *T. koningii* (Qudem) y testigo absoluto.

#### 4.7 Peso Seco de Raíces

Esta variable no se pudo analizar estadísticamente debido a que no cumplía con las condiciones de homogeneidad de varianza; no obstante, se puede observar (Figura 10) que existió una mayor ganancia de materia seca a nivel de raíz con la especie *T. harzianum* (Rifai).

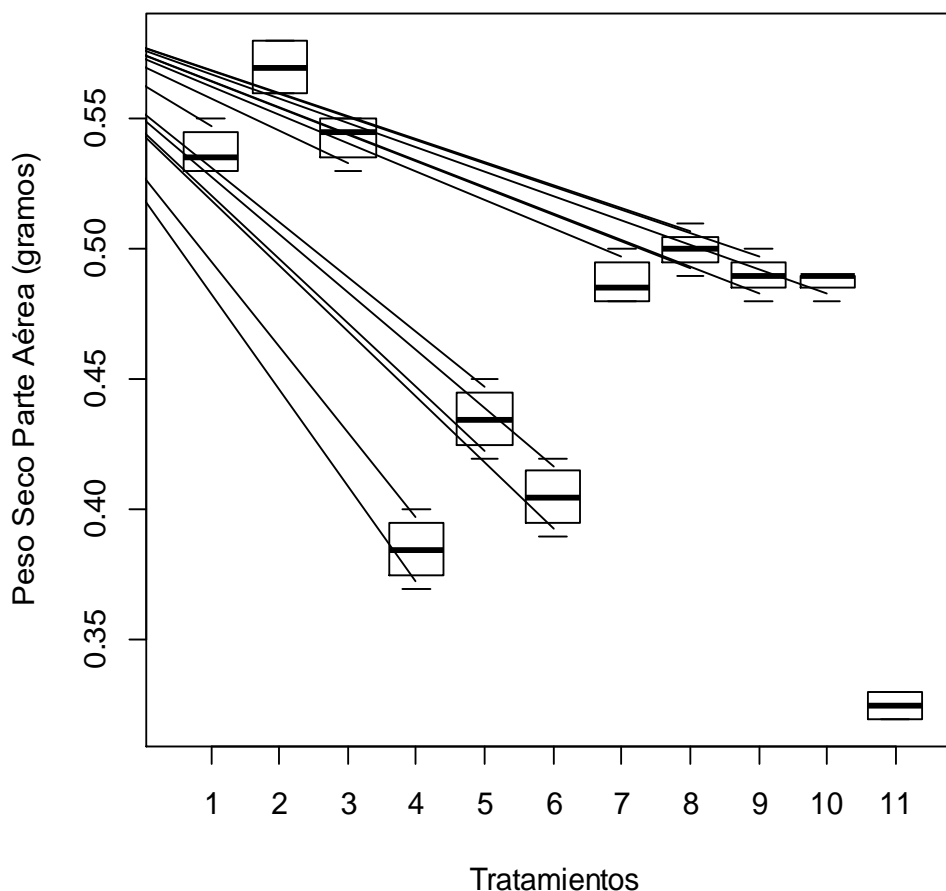


Fuente: Zhirvi C, 2016.

**Figura 10.** Peso seco de raíces de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra.

#### 4.8 Peso Seco Parte Aérea

Ésta variable igual que la anterior, no se pudo analizar estadísticamente debido a que no cumplía con las condiciones de homogeneidad de varianza; sin embargo, se puede manifestar según se observa en la figura 11 que el tratamiento que alcanzó mayor peso fue *Trichoderma harzianum* (Rifai).



Fuente: Zhirvi C, 2016.

**Figura 11.** Peso seco de la parte aérea de plántulas de café con diferentes tratamientos en 3 dosis, a los 180 días de la siembra.

#### 4.9 Análisis Económico

Adicionalmente se realizó el análisis económico de los tratamientos, obteniéndose el más bajo costo de producción por plántula de 6 meses de edad del tratamiento *T. harzianum* (Rifai) con un valor de USD 0,17, seguido del tratamiento *T. harzianum* (Rifai) comercial con un valor de USD 0,18, del tratamiento químico se obtuvo un valor de USD 0,20, y a su vez del tratamiento testigo se obtuvo el costo de producción más alto con un valor por plántula de USD 0,21. Además se comparó los ingresos que genera la producción de plántulas a nivel de vivero aplicando los diferentes tratamientos para 1 kg de semilla, obteniéndose el mayor ingreso neto del tratamiento *T. harzianum* (Rifai), con un valor de USD 267,84; y el menor ingreso se obtuvo con el tratamiento testigo absoluto con un valor de USD 99,65, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis económico de tratamientos.

| TRATAMIENTO  | % DE<br>INCIDENCIA<br>DE<br>DAMPING<br>OFF | #<br>PLÁNTULAS<br>PRODUCIDAS<br>CON 1 KG DE<br>SEMILLA | COSTO<br>PRODUCCIÓN<br>TOTAL | COSTO DE<br>PRODUCCIÓN<br>POR UNIDAD | PRECIO<br>DE<br>VENTA | INGRESO<br>BRUTO | INGRESO<br>NETO |
|--|--|--|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| <b>Tratamiento 2</b> ( <i>T. harzianum</i> (Rifai) nativa dosis 20 cc/litro)   | 4,25%                                      | 3160   | 522,1                        | 0,17                                 | 0,25                  | 789,94           | 267,84          |
| <b>Tratamiento 8</b> ( <i>T. harzianum</i> (Rifai) comercial dosis 2 gr/litro) | 11,75%                                     | 2912   | 533,1                        | 0,18                                 | 0,25                  | 728,06           | 194,96          |
| <b>Testigo Químico</b>   | 19,75%                                     | 2648   | 524,1                        | 0,20                                 | 0,25                  | 662,06           | 137,96          |
| <b>Testigo Absoluto</b>  | 29,00%                                     | 2343   | 486,1                        | 0,21                                 | 0,25                  | 585,75           | 99,65           |

Fuente: Zhirvi C, 2016.

## CAPITULO V: DISCUSIÓN

En la presente investigación se observó que la especie *T. harzianum* (Rifai) aplicado en dosis de 20 cc/litro permitió el menor porcentaje de infección con un valor de 4,25 %, frente al testigo absoluto que llegó a un porcentaje de 29 %. Estos datos obtenidos difieren en relación con los resultados logrados por Guilcapi (2009), quién obtuvo a nivel de semillero en plántulas de café valores de infección de *Rhizoctonia solani* (Kühn) de 10,23 % con *T. harzianum* (Rifai) con dosis de 10 gramos/m<sup>2</sup>; sin embargo, se aproxima a los resultados obtenidos por Cupull, R. et al. (2003) quienes alcanzaron un porcentaje de infección de *Rhizoctonia solani* (Kühn) 5,5 % con el tratamiento de *Trichoderma viride* (Persoon) en suspensión conidial sobre plántulas de café a nivel de semillero.

Castro et al. 2008, validaron el efecto antagonista de *T. harzianum* (Rifai) (Tricho-D®) sobre *R. solani*, en cinco sitios que diferían en sus condiciones climáticas y procedencia de la arena a utilizar en los germinadores. En todos los sitios evaluados, *T. harzianum* (Rifai) reguló el efecto del hongo patógeno; con evidente micoparasitismo entre el antagonista y el patógeno, dando evidencia de la importante acción bio controladora de *R. solani* (Kühn), con la especie *T. harzianum* (Rifai).

En cuanto se refiere a la emergencia de plántulas se evaluó a los 60 días y se obtuvieron los mejores resultados con el tratamiento *T. harzianum* (Rifai) con un porcentaje de 94, 75 %, mientras que los menores porcentajes se dieron con los testigos químico y absoluto con valores de 75,5 % y 79,5% respectivamente. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Guilcapi (2009), con porcentajes de emergencia de plántulas de café de 97,7 % para el tratamiento THD2 (*T. harzianum* (Rifai) dosis de 10 gramos/m<sup>2</sup>), y a su vez 83,8 % para el tratamiento testigo, ésta variable la evaluaron a los 45 días. La variación de los días en que se evaluó el porcentaje de emergencia de plántulas se debe a que ésta investigación la realizamos en condiciones de más altura que la investigación citada.

A fin de evaluar el efecto bioestimulante de *Trichoderma spp.* se analizó la variable altura de planta a los 90 días del repique, obteniéndose como mejor tratamiento *T.*



*harzianum* (Rifai) dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro con un promedio de altura de 32,02 cm, y con el menor valor el tratamiento testigo con 18,6 cm. Resultados obtenidos por Cupull, R. *et al.* (2003), dejan ver que el tratamiento de *Trichoderma viride* (Persoon) en suspensión conidial produjo el mejor promedio de altura 27,7 cm, mientras que el testigo (NT) obtuvo un promedio de 18,5 cm; manifestando el autor que en los tratamientos en que se inoculó el hongo *Trichoderma sp.*, la altura, el diámetro del tallo, los pares de hojas y la masa seca mostraron diferencias significativas respecto a los testigos, observándose un efecto bioestimulador de este hongo.

Para la variable diámetro de plantas, se puede manifestar que el tratamiento *T. harzianum* (Rifai) en dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro, dio el mejor resultado con una media de 0,32 cm, lo cual comparado con los resultados obtenidos por Cupull, R. *et al.* 2003, en el que el tratamiento de *T. viride* (Persoon) en suspensión conidial y el tratamiento *T. viride* (Persoon) en semilla peletizada, obtuvieron los valores más altos de 0,35 cm, destacándose el efecto estimulante de *Trichoderma*.

Otra de las variables evaluadas en este estudio a fin de determinar el efecto estimulante de *Trichoderma spp.* fue el tamaño radicular, un mejor desarrollo radicular del tratamiento *T. harzianum* (Rifai) dosis 20 cm<sup>3</sup>/litro con una media 18,85 cm, a su vez el testigo absoluto obtuvo el valor más bajo 11,32 cm, determinándose una diferencia altamente significativa. Los resultados de ésta variable contrastan con los resultados que publica Coffe & Climate (2014), en cuya investigación las raíces presentaron un largo de 17 cm en promedio tras el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (Rifai) a nivel de vivero, mientras que el grupo control apenas alcanzó 10 cm en promedio.



## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la especie nativa *T. harzianum* (Rifai) se logró un porcentaje de emergencia del 94,75 %.
- La especie nativa *T. harzianum* (Rifai) aplicado en semilleros de café en dosis 20 cm<sup>3</sup>/litro, disminuye significativamente la incidencia de *Rhizoctonia sp.* al 4,25%.
- Con la aplicación de la especie nativa (del área de estudio) de *T. harzianum* (Rifai) en dosis de 20 cm<sup>3</sup>/litro en la producción de plántulas de café a nivel de vivero, se obtuvo el mayor tamaño radicular, mayor diámetro de tallos y mayor altura de plantas.
- *T. harzianum* (Rifai) nativa se comportó mejor que *T. harzianum* (Rifai) cepa comercial, en el control de *Rhizoctonia sp.* en semilleros y como estimulante en el desarrollo radicular y aéreo de las plántulas.
- El testigo absoluto tuvo los peores resultados para todas las variables analizadas.
- Del análisis económico realizado, podemos concluir que el tratamiento *T. harzianum* (Rifai) nativo fue el que generó el menor costo de producción por plántula. De igual manera, permitió obtener el mayor ingreso neto, comparado con el tratamiento comercial y los tratamientos testigos.

### 6.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar *Trichoderma harzianum* (Rifai) en semilleros de café en dosis 20 cm<sup>3</sup>/litro a fin de disminuir la incidencia de *Rhizoctonia sp.*
- Inocular *T. harzianum* (Rifai) en el sustrato que se coloca en las fundas de vivero antes de proceder al repique de las chapolas de café, a fin de promover un mejor desarrollo radicular.
- Propender la reproducción y uso de la especie nativa de *T. harzianum* (Rifai) con el Comité de Caficultores de la comunidad de Luz María, parroquia Molleturo.
- Realizar nuevos estudios en diferentes pisos altitudinales, a fin de evaluar la acción de *Trichoderma harzianum* (Rifai) nativo bien sea como control



biológico de *Rhizoctonia sp.* y/o estimulante de plántulas de café a nivel de vivero.





## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado M. Rojas, G. (1994). Cultivo y Beneficiado del Café. Primera edición. (San José, Costa Rica). EUNED. 184p.
- Alvarado, M., G, Rojas. (1994). El Cultivo y Beneficiado del Café. Segunda Reimpresión. Editorial Universidad Estatal San José. Costa Rica. 165p.
- Agrios, G. (2007). Fitopatología. 2<sup>a</sup>. Ed. – Mexico: Limusa. 856 p.
- Agroscopio, (2015). Trichoderma Bio fungicida. Descargado de: <http://www.agroscopio.com/ec/aviso/tricho-agro-trichoderma/> el 22 de noviembre de 2015.
- Agosin, E., D. Volpe, G. Muñoz, R. San Martín, A. Crawford. (1997). Effect of culture conditions on spore shelf life of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. World Journal of Microbiology & Biotechnology. 13, 255-232.
- Altomare, C., W.A. Norvell, T. Björkman y G.E. Harman. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Environ. Microb. 65(7), 2926- 2933.
- ANACAFÉ, (2014). Manejo de semilleros para minimizar los daños por el "mal del talluelo". Boletín Técnico Anacafé. Descargado de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Investigaciones\\_ManejoSemilleros](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Investigaciones_ManejoSemilleros) el 21 de septiembre de 2014.
- ANACAFÉ, (2002). CAFÉ EN ECUADOR: Manejo de la Broca del Fruto (*Hypothenemus hampei Ferrari*) Boletín Técnico Anacafé. Descargado de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Investigaciones\\_ManejoSemilleros](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Investigaciones_ManejoSemilleros) el 21 de septiembre de 2015.
- ANACAFÉ, (2014). Variedades de Café. Boletín Técnico Anacafé. Descargado de <http://anacafe.org/glifos/images/e/e2/Boletin-tecnico-dic-2014.pdf> el 21 de septiembre de 2015.
- Cano, M., F. Delfin, A. Díaz, T. García, R. González, B. Meneses, M. Oliva, J. Quintana, J. Ramirez, E. Romero, B. Sesma. (2004). Estudio de mercado sobre el consumo de café en la ciudad de Xalapa. Veracruz. Revista IIESCA. Universidad Veracruzana. p 108 -127.
- CASTRO T, A.M.; RIVILLAS O, C.A.; SERNA G, C.A.; MEJIA M, C.G. (2008) Germinadores de café: Construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costos. Avances Técnicos Cenicafe N° 368: 1-12.
- Castro, A. Rivillas, C. (2012). *Trichoderma spp.* Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. Boletín Técnico CENICAFÉ. Colombia. 33 p.
- Chet, I. G, Harman. R, Baker. (1981). *Trichoderma hamatum*: its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* and *Pythium spp.* Microbial Ecology. 7, 9-38.



Cinza-Borrelli, R., Visconti, A., Mennella, C., Anese M., Fogliano, V. 2002. Chemical Characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:6527-6533.

Coffe & Climate (2014). "Uso de Trichoderma en semilleros y viveros". Honduras. 10p. Descargado de: [http://es.toolbox.coffeeandclimate.org/userdata/case/pdf/150402-estudio-de-caso\\_trichoderma.pdf](http://es.toolbox.coffeeandclimate.org/userdata/case/pdf/150402-estudio-de-caso_trichoderma.pdf) el 20 de mayo de 2016.

COFENAC, (2011). Cafés Especiales. Descargado de <http://www.cofenac.org/cafes-especiales.html>. el 21 de septiembre de 2014.

Criollo, M., J. Valarezo. (2003). *Proyectos de Economía Agrícola, Estudio Económico Y Comercial Del Café En Ecuador*. 195 p.

Cubillas, J., N. Valero, L. Mejía, 2008. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Colombia. 7p.

Cupull, R., de Cafú, E. D. I., Clara, V., Andreu, C., Clara, V., PÚrez, C., ... & Cupull, M. C. (2003). *Efecto de Trichoderma viride como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de Rhizoctonia solani Kuhn* (No. 1165).

Doyle, M. P., Beuchat, L. R., Montville, T.J. (2001). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. E.E.U.U. 768 P.

ECURED, 2014. Descargado de [http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma\\_spp](http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma_spp) el 22 de septiembre de 2014.

ECUAQUÍMICA, 2015. "CAPTAN® 50 PM y 80 DF-EQ". Descargado de: [http://ecuanoticias.com.ec/captandfpm\\_flores.html](http://ecuanoticias.com.ec/captandfpm_flores.html) el 20 de diciembre de 2015.

Echeverría, F. (2008). Reproducción Sexual y Asexual en Café: Uso en Mejoramiento Genético. *Revista Informativa ICAFÉ*. Descargado de [http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos\\_textocompleto/revista\\_informativa/3411.pdf](http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/revista_informativa/3411.pdf) el 6 de noviembre de 2014.

Guilcapi, E. (2009). "Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la Producción de Plántulas de Café (*Coffea arabica*) Variedad Caturra a Nivel de Vivero". Riobamba. 95p.

Heredia, B. 2011. *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. Primera Edición. Costa Rica. 72p.

Hoyos et al., (2008). Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones in vitro y de invernadero. Colombia. 8p.

INIAP, COFENAC, GTZ. (1999). *Uso de materiales orgánicos en el cultivo del café*. Manabí, Ecuador.



Michel, A. 2001. Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. (Eufungi:Hyphomycetes), Su Antibiosis y Micoparasitismo Sobre *Fusarium subglutinans* Y *F. oxysporum* (Hyphomycetes:Hyphales). Mexico. 176p.

Microfarming, (2012). Tricho - Agro Descargado de <http://www.microfarming.com.ec/index.php/productos/micro-biotrich> el 22 de noviembre de 2015.

Nina, R., Smeltekop, H., Almanza, J. C., & Loza-Murguía, M. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. *Journal of the Selva Andina Research Society*,2(1), 43-52.

Rudy, N., S. Hugh, J. Almanza, M. Loza, 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. Bolivia 43-52.

Sivila, N., R. Alvares. 2013. Producción Artesanal de *Trichoderma* - Tecnologías Agroecológicas Para La Agricultura Familiar. . Primera Edición. Argentina. 48p.

Vanier, M., & Saint-Yves, P. (2000). *El libro del amante del café*. José J. de Olañeta. Ciriaco, M. (2012). Producción de Cafés Especiales – Manual Técnico. 1ra Edición. Lima – Perú. 46p.



# ANEXOS



## ANEXO 1

**Tabla 3.** ADEVA para el porcentaje de emergencia de plántulas a los 45 días.

| ANALISIS DE VARIANZA VARIABLE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS A LOS 45 DÍAS |                    |                |         |               |
|---|--------------------|----------------|---------|---------------|
| FUENTE DE VARIACIÓN   | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | VALOR F | VALOR P       |
| ESPECIE   | 4                  | 1051,61        | 202,37  | <2e-16<br>*** |
| DOSIS   | 1                  | 0,000          | 0,000   | 1             |
| ERROR EXPERIMENTAL  | 38                 | 47,92          |         |               |

Fuente: Zhirvi C, 2016.

## ANEXO 2

**Tabla 4.** ADEVA para el porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia spp.* en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.

| ANALISIS DE VARIANZA VARIABLE INCIDENCIA DE <i>Rhizoctonia spp.</i> en %. |                    |                |              |                  |
|---|--------------------|----------------|--------------|------------------|
| FUENTE DE VARIACIÓN   | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | VALOR F      | VALOR P          |
| ESPECIE   | 4                  | 1651.41        | 101.379<br>0 | < 2.2e-16<br>*** |
| DOSIS   | 1                  | 37,50          | 9,2084       | 0.004331 **      |
| ERROR EXPERIMENTAL  | 38                 | 154,75         |              |                  |

Fuente: Zhirvi C, 2016.



### ANEXO 3

**Tabla 5.** ADEVA para la variable altura de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.

| ANALISIS DE VARIANZA VARIABLE ALTURA DE PLANTAS EN CM |                    |                |          |               |
|---|--------------------|----------------|----------|---------------|
| FUENTE DE VARIACIÓN                                   | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | VALOR F  | VALOR P       |
| ESPECIE   | 4                  | 530.45         | 102.0837 | <2e-16<br>*** |
| DOSIS   | 1                  | 0,09           | 0,0722   | 0.7897        |
| ERROR EXPERIMENTAL                                    | 38                 | 49,36          |          |               |

Fuente: Zhirvi C, 2016.

### ANEXO 4

**Tabla 6.** ADEVA para la variable diámetro de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.

| ANALISIS DE VARIANZA VARIABLE DIÁMETRO DE PLANTAS EN CM |                    |                |         |                  |
|---|--------------------|----------------|---------|------------------|
| FUENTE DE VARIACIÓN                                     | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | VALOR F | VALOR P          |
| ESPECIE   | 4                  | 0.0073863      | 13.0448 | 8.868e-07<br>*** |
| DOSIS   | 1                  | 0.0000375      | 0.2649  | 0.6097           |
| ERROR EXPERIMENTAL                                      | 38                 | 0.0053792      |         |                  |

Fuente: Zhirvi C, 2016.



## ANEXO 5

**Tabla 7.** ADEVA para la variable tamaño de raíces de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad bourbon en los diferentes tratamientos.

| ANALISIS DE VARIANZA VARIABLE TAMAÑO DE RAÍCES DE PLANTAS EN CM |                    |                |         |                  |
|---|--------------------|----------------|---------|------------------|
| FUENTE DE VARIACIÓN   | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | VALOR F | VALOR P          |
| ESPECIE   | 4                  | 143.761        | 62.5377 | 3.357e-16<br>*** |
| DOSIS   | 1                  | 0.000          | 0.0003  | 0.9872           |
| ERROR EXPERIMENTAL  | 38                 | 21.839         |         |                  |

**Fuente:** Zhirvi C, 2016.

## ANEXO 6

**Tabla 8.** Prueba de contraste para el porcentaje de emergencia de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en semillero con diferentes tratamientos.

| Tratamientos   | Contraste | E.E. | SC   | GI | CM   | F   | p-valor |
|----------------|-----------|------|------|----|------|-----|---------|
| Har Vs Com     | 49        | 2    | 1196 | 1  | 1196 | 974 | <0,0001 |
| Com Vs Kon     | 14        | 1    | 387  | 1  | 387  | 315 | <0,0001 |
| Kon Vs T Quim  | 64        | 3    | 741  | 1  | 741  | 603 | <0,0001 |
| T Quim Vs T Ab | 42        | 2    | 390  | 1  | 390  | 318 | <0,0001 |
| Total          |           |      | 1407 | 4  | 352  | 286 | <0,0001 |

**Fuente:** Zhirvi C, 2016.

## ANEXO 7

**Tabla 9.-** Prueba de contrastes del porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia spp.* off en plántulas de café en los diferentes tratamientos.

| Tratamientos   | Contraste | E.E. | SC   | GI | CM   | F   | p-valor |
|----------------|-----------|------|------|----|------|-----|---------|
| TAb. Vs T Quim | 57        | 5    | 724  | 1  | 724  | 147 | <0,0001 |
| T Quim. Vs Kon | 2         | 1    | 7,52 | 1  | 7,52 | 1,5 | 0,2242  |
| Kon Vs Com     | 4         | 1    | 77   | 1  | 77   | 16  | 0,003   |
| Com Vs Har     | 8         | 1    | 400  | 1  | 400  | 81  | <0,0001 |
| Total          |           |      | 1880 | 4  | 470  | 95  | <0,0001 |

**Fuente:** Zhirvi C, 2016.



## ANEXO 8

**Tabla 10.-** Prueba de contrastes de la altura de plántulas de café con diferentes tratamientos.

| Tratamientos  | Contraste | E.E. | SC  | gl | CM  | F   | p-valor |
|---------------|-----------|------|-----|----|-----|-----|---------|
| Kon Vs Ab     | 4         | 1    | 44  | 1  | 44  | 35  | <0,0001 |
| Com Vs Kon    | 3         | 0    | 71  | 1  | 71  | 56  | <0,0001 |
| T Quim Vs Com | 1         | 1    | 4,7 | 1  | 4,7 | 3,7 | 0,061   |
| Har Vs T Quim | 7         | 1    | 80  | 1  | 80  | 63  | <0,0001 |
| Total         |           |      | 575 | 4  | 144 | 113 | <0,0001 |

Fuente: Zhirvi C, 2016.

## ANEXO 9

**Tabla 11.-** Prueba de contrastes del diámetro de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en los diferentes tratamientos.

| Tratamientos  | Contraste | E.E. | SC     | gl | CM    | F       | p-valor |
|---------------|-----------|------|--------|----|-------|---------|---------|
| Kon Vs T Ab.  | 0,02      | 0,01 | 0,0012 | 1  | 0,001 | 8,64    | 0,0055  |
| Com Vs Kon    | 0,04      | 0,01 | 0,0022 | 1  | 0,002 | 15,87   | 0,0003  |
| T Quim Vs Com | 0,01      | 0,01 | 0,0001 | 1  | 1E-04 | 0,735   | 0,3965  |
| Har Vs T Quim | 0,03      | 0,01 | 0,0014 | 1  | 0,001 | 10,2675 | 0,0027  |
| Total         |           |      | 0,0086 | 4  | 0,002 | 15,4336 | 0       |

Fuente: Zhirvi C, 2016

## ANEXO 10

**Tabla 12.-** Prueba de contrastes del tamaño de raíces de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes tratamientos.

| Tratamientos  | Contraste | E.E. | SC     | GI | CM    | F      | p-valor |
|---------------|-----------|------|--------|----|-------|--------|---------|
| Kon Vs T Ab.  | 1,82      | 0,42 | 9,983  | 1  | 9,983 | 18,84  | 0,0001  |
| Com Vs Kon    | 5,6       | 0,59 | 47,082 | 1  | 47,08 | 88,856 | <0,0001 |
| T Quim Vs Com | 5,96      | 1,19 | 13,321 | 1  | 13,32 | 25,14  | <0,0001 |
| Har Vs Com    | 2,1       | 0,42 | 13,22  | 1  | 13,22 | 24,949 | <0,0001 |
| Total         |           |      | 154,62 | 4  | 38,66 | 72,953 | <0,0001 |

Fuente: Zhirvi C, 2016.



## ANEXO 11

Tabla 13.- Datos del libro de campo con los resultados evaluados en la investigación.

| Tratamientos | Especies                    | Dosis | % de Emergencia | % Damping off | Altura de Plántulas en cm | Diámetro de plántulas en cm | Número de Hojas (Pares) | Tamaño de raíz cm | Peso fresco de raíces gr | Peso fresco parte aérea gr | Peso seco de raíces gr | Peso seco parte aérea gr |
|--------------|-----------------------------|-------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 1     | 93              | 6             | 28,3                      | 0,31                        | 6                       | 16,15             | 1,6                      | 2,85                       | 0,2                    | 0,54                     |
| 1            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 1     | 93              | 7             | 29,85                     | 0,3                         | 6                       | 16,25             | 1,75                     | 3                          | 0,21                   | 0,53                     |
| 1            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 1     | 94              | 7             | 28,75                     | 0,31                        | 6,5                     | 16,42             | 1,8                      | 3                          | 0,22                   | 0,55                     |
| 1            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 1     | 93              | 7             | 29,65                     | 0,31                        | 6,5                     | 16,05             | 1,8                      | 2,8                        | 0,2                    | 0,53                     |
| 2            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 2     | 95              | 4             | 31,85                     | 0,32                        | 6,5                     | 18,75             | 2                        | 3,2                        | 0,23                   | 0,58                     |
| 2            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 2     | 95              | 4             | 31,6                      | 0,32                        | 6,5                     | 18,98             | 2,05                     | 3,25                       | 0,23                   | 0,56                     |
| 2            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 2     | 94              | 4             | 31,95                     | 0,3                         | 6,5                     | 18,88             | 1,95                     | 3,25                       | 0,23                   | 0,58                     |
| 2            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 2     | 95              | 5             | 32,7                      | 0,32                        | 6,5                     | 18,79             | 1,9                      | 3,25                       | 0,23                   | 0,56                     |
| 3            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 3     | 92              | 8             | 29,7                      | 0,3                         | 6                       | 16,7              | 1,7                      | 3,05                       | 0,2                    | 0,55                     |
| 3            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 3     | 93              | 8             | 28,8                      | 0,3                         | 6                       | 16,8              | 1,9                      | 3                          | 0,23                   | 0,54                     |
| 3            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 3     | 94              | 9             | 29,15                     | 0,3                         | 6                       | 16,6              | 1,85                     | 2,95                       | 0,22                   | 0,53                     |
| 3            | <i>T. harzianum</i> (Rifai) | 3     | 93              | 8             | 29,55                     | 0,3                         | 6                       | 16,65             | 1,75                     | 2,95                       | 0,21                   | 0,55                     |
| 4            | <i>T. koningi</i> (Qudem)   | 1     | 82              | 19            | 23,8                      | 0,26                        | 6                       | 13,05             | 1,2                      | 2,05                       | 0,19                   | 0,39                     |
| 4            | <i>T. koningi</i> (Qudem)   | 1     | 82              | 18            | 23,55                     | 0,28                        | 6,5                     | 12,85             | 1,25                     | 2                          | 0,15                   | 0,38                     |
| 4            | <i>T. koningi</i> (Qudem)   | 1     | 83              | 18            | 23,45                     | 0,3                         | 6,5                     | 12,95             | 1,22                     | 1,95                       | 0,16                   | 0,37                     |
| 4            | <i>T. koningi</i> (Qudem)   | 1     | 84              | 18            | 23,9                      | 0,28                        | 6                       | 13                | 1,4                      | 2,1                        | 0,15                   | 0,4                      |



|   |                                  |   |    |    |       |      |     |       |      |      |      |      |
|---|----------------------------------|---|----|----|-------|------|-----|-------|------|------|------|------|
| 5 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 2 | 86 | 15 | 21,85 | 0,3  | 6,5 | 14,2  | 1,35 | 2,2  | 0,21 | 0,42 |
| 5 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 2 | 85 | 15 | 20,8  | 0,27 | 6,5 | 13,85 | 1,23 | 2,35 | 0,2  | 0,45 |
| 5 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 2 | 82 | 14 | 21,7  | 0,27 | 6,5 | 13,45 | 1,4  | 2,25 | 0,21 | 0,43 |
| 5 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 2 | 84 | 16 | 21,2  | 0,27 | 6,5 | 13,5  | 1,35 | 2,3  | 0,22 | 0,44 |
| 6 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 3 | 84 | 20 | 22,1  | 0,28 | 6   | 13,2  | 1,25 | 2,15 | 0,19 | 0,41 |
| 6 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 3 | 84 | 22 | 22,65 | 0,3  | 6   | 12,25 | 1,2  | 2,05 | 0,18 | 0,39 |
| 6 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 3 | 82 | 21 | 22,6  | 0,27 | 6   | 12,43 | 1,3  | 2,1  | 0,19 | 0,4  |
| 6 | <i>T. koningi</i> (Qudem)        | 3 | 84 | 22 | 21,65 | 0,28 | 6   | 13    | 1,4  | 2,2  | 0,18 | 0,42 |
| 7 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 1 | 87 | 15 | 25,6  | 0,27 | 6   | 15,4  | 1,65 | 2,5  | 0,2  | 0,48 |
| 7 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 1 | 87 | 14 | 24,65 | 0,27 | 6   | 15,3  | 1,6  | 2,55 | 0,19 | 0,48 |
| 7 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 1 | 88 | 15 | 25    | 0,3  | 6   | 14,9  | 1,55 | 2,65 | 0,19 | 0,5  |
| 7 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 1 | 87 | 14 | 24,25 | 0,27 | 6   | 14,45 | 1,6  | 2,6  | 0,19 | 0,49 |
| 8 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 2 | 87 | 12 | 26,95 | 0,29 | 6,5 | 14,95 | 1,7  | 2,7  | 0,2  | 0,51 |
| 8 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 2 | 88 | 12 | 26,9  | 0,3  | 6,5 | 15,5  | 1,6  | 2,6  | 0,19 | 0,49 |
| 8 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 2 | 88 | 12 | 26,9  | 0,3  | 6,5 | 15,25 | 1,65 | 2,65 | 0,2  | 0,5  |
| 8 | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 2 | 88 | 11 | 27,3  | 0,31 | 6,5 | 15,45 | 1,55 | 2,65 | 0,19 | 0,5  |



|    |                                  |     |    |    |       |      |     |       |      |      |      |      |
|----|----------------------------------|-----|----|----|-------|------|-----|-------|------|------|------|------|
| 9  | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 3   | 88 | 18 | 25,9  | 0,28 | 6   | 14,8  | 1,5  | 2,6  | 0,18 | 0,49 |
| 9  | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 3   | 86 | 17 | 25,35 | 0,3  | 6   | 14,55 | 1,7  | 2,55 | 0,2  | 0,48 |
| 9  | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 3   | 87 | 17 | 26,35 | 0,29 | 6   | 14,9  | 1,55 | 2,6  | 0,19 | 0,49 |
| 9  | <i>T. harzianum</i><br>Comercial | 3   | 86 | 18 | 25,45 | 0,29 | 6   | 14,95 | 1,55 | 2,65 | 0,19 | 0,5  |
| 10 | Testigo Químico                  | 0,5 | 80 | 20 | 26,25 | 0,29 | 6   | 15,15 | 1,55 | 2,6  | 0,19 | 0,49 |
| 10 | Testigo Químico                  | 0,5 | 78 | 21 | 27,15 | 0,3  | 6   | 14,98 | 1,65 | 2,6  | 0,2  | 0,49 |
| 10 | Testigo Químico                  | 0,5 | 82 | 19 | 27,55 | 0,29 | 6,5 | 15,4  | 1,6  | 2,6  | 0,19 | 0,49 |
| 10 | Testigo Químico                  | 0,5 | 78 | 19 | 27,6  | 0,3  | 6,5 | 15,08 | 1,3  | 2,55 | 0,19 | 0,48 |
| 11 | Testigo Absoluto                 | 0   | 75 | 29 | 18,97 | 0,25 | 6   | 11,45 | 1,1  | 1,87 | 0,18 | 0,32 |
| 11 | Testigo Absoluto                 | 0   | 76 | 30 | 19,35 | 0,27 | 6   | 11,6  | 0,95 | 1,98 | 0,18 | 0,32 |
| 11 | Testigo Absoluto                 | 0   | 76 | 29 | 18,05 | 0,27 | 6   | 10,2  | 1    | 1,8  | 0,18 | 0,33 |
| 11 | Testigo Absoluto                 | 0   | 75 | 28 | 18,03 | 0,25 | 6   | 11,25 | 1,4  | 1,88 | 0,18 | 0,33 |

Fuente: Zhirvi C, 2016.

## ANEXO 12

**Fotografía 1.** Evaluación en campo del % de incidencia de Damping off en semillero.



## ANEXO 13

**Fotografía 2.** Plántulas de café del tratamiento testigo absoluto infestadas con Damping off.



## ANEXO 14

**Fotografía 3.** Plántulas de café del tratamiento testigo absoluto infestadas con Damping off.



## ANEXO 15

**Fotografía 4.** Plántulas de café del tratamiento T2 (*T. harzianum* (Rifai) dosis 2), que mejor control brindó ante el ataque de *Rhizoctonia solani* (Kühn).



## ANEXO 16

**Fotografía 5.** Evaluación de incidencia de Damping off, en plántulas de café a los 3 meses de la siembra.



## ANEXO 17

**Fotografía 6.** Repique de plántulas a fundas en vivero para la segunda etapa de la investigación.



## ANEXO 18

Fotografía 7. Plántulas de café a los 3 meses del repique listas para la evaluación final



## ANEXO 19

Fotografía 8. Evaluación final de resultados con los caficultores del Comité Promejoras Luz María.



## ANEXO 20

Fotografía 9. Evaluación aleatoria de variables de las diferentes unidades experimentales.

