

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA  
EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**FÓRMULA BIOLÓGICA A BASE DE *BEAUVERIA  
PERUVIENSIS* Y *METARHIZIUM* SP., COMO  
CONTROLADOR BIOLÓGICO DE *HYPOTHENEMUS  
HAMPEI* PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE FINCAS  
CAFETALERAS DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA,  
AMAZONAS**

**Autora: Bach. Lily del Pilar Juarez Contreras**

**Asesor: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz**

**Registro: (...)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

# AUTIROZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 6

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes):

Lily del Pilar Juarez Contreras

DNI N°: 48322217

Correo electrónico: lilyjuarezcs@gmail.com

Nombre de la Maestría (x)/Doctorado ( ): \_\_\_\_\_

Gestión para el Desarrollo Sustentable

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_

DNI N°: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Nombre de la Maestría ( )/Doctorado ( ): \_\_\_\_\_



#### 2. Título de la tesis para obtener el grado académico de Maestro (x) / Doctor ( )

Formula biológica a base de Beauveria peruvirensis y Metarhizium sp.s como controlador biológico de Hypothenemus hampei para el mango sostenible de fincas cafetaleras de Rodríguez de Mendoza, Amazonas.

#### 3. Datos de Asesor

Apellidos y nombres: Olivia Cruz Segundo Manuel

DNI, Pasaporte, C.E N°: 05374749

ORCID: 0000-0002-9670-0970

Datos de Co-Asesor

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_

DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_

ORCID: \_\_\_\_\_

#### 4. Campo del conocimiento según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-

OCDE, por favor ingresar al siguiente link

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)

1.1.1. Conservación de la Biodiversidad.

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el autor o autores señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAÉSTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

6. Autorización de publicación

Los titulares de los derechos de autor otorgan a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

En caso de que el trabajo haya terminado en la obtención de patente, los titulares autorizan la publicación solamente del resumen o abstract de la patente, por un periodo de \_\_\_\_\_, al término de dicho periodo, se autoriza la publicación total del trabajo.

Chachapoyas, 19 de marzo de 2024



  
AUTOR 1

AUTOR 2

  
ASESOR

CO-ASESOR



## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios por estar conmigo siempre, a mi madre por su apoyo incondicional, a mi gran esfuerzo y perseverancia para salir adelante y a las personas que me tendieron una mano amiga para resolver mis dudas y obstáculos que se presentaron en el camino.

*Lily del Pilar Juarez Contreras*

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), por darme la oportunidad de participar como tesista de posgrado, como parte del subproyecto BIOBROK.
- Al proyecto “DESARROLLO DE UNA FÓRMULA BIOLÓGICA A BASE DE CEPAS NATIVAS DE MICROORGANISMOS ENTOMOPATÓGENOS PARA REDUCIR LA INCIDENCIA DE BROCA EN PLANTACIONES DE CAFES ESPECIALES, AMAZONAS PERÚ” – BIOBROK, financiado por el FONDECYT con CONTRATO N°138-2018-FONDECYT-BM-ADT-AV
- Al Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz, a los docentes y autoridades de la escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por haberme guiado durante todo el proceso de formación, y en especial a las personas que me brindaron su apoyo para el desarrollo de la investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

PH.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

**Rector**

DR. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

**Vicerrector académico**

DRA. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

**Vicerrectora de investigación**

DR. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO

**Director de la escuela de posgrado**

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

Dr. Carlos Eduardo Millones Chanamé

**PRESIDENTE**



---

Dra. Ligia Magali García Rosero

**SECRETARIO**



---

Ph.D. Danilo Edson Bustamante Mostajo

**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ( )/Tesis (x)/Tesis en formato de artículo científico ( ) titulado:

Fórmula biológica a base de Beauveria peruvuensis y Metarhizium sp., como controlador biológico de Hypothenemus hampei para el manejo sostenible de fincas cafetaleras de Rodríguez de Mendoza, Amazonas.

presentado por el Aspirante Lily del Pilar Juárez Contreras para obtener el Grado Académico de Maestro (x)/Doctor ( ) en Gestión para el Desarrollo Sustentable, de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ( )/Tesis (x)/Tesis en formato de artículo científico ( ) con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

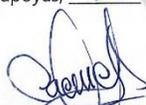
- De acuerdo con el informe de originalidad, el Proyecto de Tesis ( )/Tesis (x)/Tesis en formato de artículo científico ( ) tiene 16 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.
- La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio **Turnitin** fue: Dr. Carlos Eduardo Millones Chanamé y pertenece al área ( ) / oficina ( ) / dependencia (x) de Facultad de Educación y Ciencias de la Comunicación



SE ADJUNTA:

- Resultado del informe del software **Turnitin**.

Chachapoyas, 17 de mayo del 2022

  
PRESIDENTE Dr:  
Nombres y apellidos: Carlos Eduardo Millones Chanamé  
DNI: 16702744

  
VOCAL Ph.D:  
Nombres y apellidos: David Edson Bustamante Mostajo  
DNI: 43496105

  
SECRETARIO Dra:  
Nombres y apellidos: Ligia Magali García Roseo  
DNI: 0001091738

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 12 de Julio del año 2022, siendo las 15:00 horas, el Aspirante Lily del Pilar Juarez Contreras, cuyo asesor es Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: Fórmula biológica a base de Beauveria peruviana y Metarhizium sp., como controlador biológico de Hypothenemus hampei para el manejo sostenible de fincas cafetaleras de Rodríguez de Mendoza, Amazonas. para obtener el Grado Académico de Maestro (x) / Doctor ( ) en Gestión para el Desarrollo Sostenible, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. Carlos Eduardo Millones Chanamé  
Secretario: Dra. Ligia Magali García Posero  
Vocal: Ph.D. Danilo Edson Bustamante Mostajo

Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:

Aprobada (x)/Desaprobada ( ) por Unanimidad (x)/Mayoría ( ).

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 16:45 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.

PRESIDENTE Dr:  
Nombres y apellidos: Carlos Eduardo Millones Chanamé  
DNI: 16702744

VOCAL Ph.D:  
Nombres y apellidos: Daniilo Edson Bustamante Mostajo  
DNI: 43496105

SECRETARIO Dra:  
Nombres y apellidos: Ligia Magali García Posero  
DNI: CE 00 1691738



## INDICE

AUTIROZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
INDICE O CONTENIDO GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRAC .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
Metodología:.....	20
2.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio.....	20
2.2. Eficacia de las fórmulas biológicas a base de <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio y en campo.....	24
2.3. <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., como controladores biológicos de <i>H. hampei</i> para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.....	43
III. RESULTADOS .....	45
3.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio.....	45
3.1. Eficacia de fórmulas biológicas a base de <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio y en campo.....	47
3.2. Potencial de la fórmula ( <i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.), como controladores biológicos de <i>H. hampei</i> para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.....	52

<b>Factores sociales:</b> .....	52
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	59
<b>4.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio.</b> .....	59
<b>4.2. Eficacia de fórmulas biológicas a base de <i>B. peruviansis</i> y <i>Metarhizium</i> sp., en laboratorio y en campo.</b> .....	60
<b>4.3. Potencial de la fórmula (<i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.), como controladores biológicos de <i>H. hampei</i> para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.</b> .....	62
<b>V. CONCLUSIÓN</b> .....	64
<b>VI. RECOMENDACIÓN</b> .....	66
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	67
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cepas del género <i>Metarhizium</i> sp., provenientes de la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas .....	20
<b>Tabla 2.</b> Patogenicidad de cepas entomopatógenas de <i>B. peruviansis</i> (Aislados conservados) .....	22
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de patogenicidad de cepas entomopatógenas utilizadas para la elaboración de la fórmula biológica .....	24
<b>Tabla 4.</b> Cepas de <i>Metarhizium</i> sp., utilizadas para a fórmula biológica .....	25
<b>Tabla 5.</b> Cepas de <i>B. Peruviansis</i> utilizadas para a fórmula biológica .....	26
<b>Tabla 6.</b> Dosificación de tratamientos utilizados para prueba de patogenicidad calculados .....	30
<b>Tabla 7.</b> Diseño experimental – Fase laboratorio .....	32
<b>Tabla 8.</b> Dosificaciones de fórmulas biológicas utilizadas en campo .....	39
<b>Tabla 9.</b> Diseño experimental - Fase de campo .....	42
<b>Tabla 10.</b> Rendimiento físico del café, según tratamientos aplicados (Fórmulas biológicas a base de <i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.) .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Conteo de esporas en la cámara Neubauer; A: Uso de la cámara de Neubauer; B: Conteo de conidios de los cuadrantes de la cámara de Neubauer en el microscopio 40X; C: Conteo de conidios en uno de los cuadrantes centrales de la cámara de Neubauer.....	27
<b>Figura 2.</b> Evaluación de porcentaje de germinación; A: Lectura de porcentaje de germinación; B: C = Conidios germinados. ....	28
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación del experimento en el distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas.....	34
<b>Figura 4.</b> Distribución de las unidades experimentales en campo.....	36
<b>Figura 5.</b> Distribución de plantas evaluadas de cada unidad experimental de la investigación. ....	37
<b>Figura 6.</b> Gráfica de patogenicidad de cepas entomopatógenas de <i>Metarhizium</i> sp., a las 72 horas de inoculación del caldo de esporas.....	45
<b>Figura 7.</b> Gráfica de patogenicidad de cepas entomopatógenas de <i>B. peruviansis</i> , a las 72 horas de inoculación del caldo de esporas.....	45
<b>Figura 8.</b> Gráfica de patogenicidad de la fórmula biológica ( <i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.) a las 72 horas de aplicación del caldo entomopatógeno .....	45
<b>Figura 9.</b> Gráfico de incidencia de broca del café, controlada por fórmulas biológicas (a base de <i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.), en función al tiempo de evaluación. (Ev-0 = Evaluación inicial; Ev-1= primera evaluación, Ev-2 = segunda evaluación; Ev-3 = tercera evaluación; Ev-4 = cuarta evaluación; Ev-5 = quinta evaluación y Ev-6 =sexta evaluación).....	47
<b>Figura 10.</b> Gráfica de horas luz e irradiación solar durante el periodo marzo – setiembre 2021. ....	50
<b>Figura 11.</b> Grafica de las encuestas aplicadas, respecto a factores sociales. <b>a)</b> Grado de instrucción de los productores; <b>b)</b> ¿Pertenece a alguna organización productiva?; <b>c)</b> ¿Tipo de organización productiva a la que pertenece?; <b>d)</b> ¿Reciben apoyo por parte del estado?, <b>e)</b> ¿Tipo de apoyo que recibe?; <b>f)</b> ¿Reciben Capacitación? y <b>g)</b> ¿Reciben Asistencia Técnica?53	
<b>Figura 12.</b> Grafica de las encuestas aplicadas, respecto a factores sociales. <b>a)</b> Grado de instrucción de los productores; <b>b)</b> ¿Pertenece a alguna organización productiva?; <b>c)</b> ¿Tipo	

de organización productiva a la que pertenece?; **d)**¿Reciben apoyo por parte del estado?, **e)** ¿Tipo de apoyo que recibe?; **f)**¿Reciben Capacitación? y **g)**¿Reciben Asistencia Técnica?53

**Figura 13.** Grafica de las encuestas aplicadas, respecto a factores sociales. **a)** Grado de instrucción de los productores; **b)** ¿Pertenecen a alguna organización productiva?; **c)**¿Tipo de organización productiva a la que pertenece?; **d)**¿Reciben apoyo por parte del estado?, **e)** ¿Tipo de apoyo que recibe?; **f)**¿Reciben Capacitación? y **g)**¿Reciben Asistencia Técnica?53

**Figura 14.** Gráfica de las encuestas aplicadas, respecto a factores sociales. **a)** *¿Cuál es la actividad principal a la que se dedican?*; **b)** *¿Número de hectáreas que poseen?* **c)**; *¿Variedad de café que poseen?*; **d)** *¿Cosecha de café por quintales?*; **e)** *¿Precio de venta?* y **f)** *¿Centro de acopio del café?* .....55

**Figura 15.** Gráfica de resultados de Factores Ambientales: *¿Qué practica de conservación de suelos, realizan?* .....56

## RESUMEN

El Perú es considerado uno de los principales exportadores de café a nivel mundial, donde la región Amazonas es una de las cuatro principales fuentes de producción para la exportación. Sin embargo, uno de los factores negativos que afecta la producción es la incidencia de plagas y enfermedades, ya que ocasiona la disminución del rendimiento del café. Por lo tanto, esta investigación pretende elaborar una fórmula biológica a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., para el control biológico de la broca del café. Para ello, se realizaron pruebas de patogenicidad de cepas entomopatógenas de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., independientemente, patogenicidad de formulaciones biológicas en laboratorio y la eficacia de esta a nivel de campo (fórmula a base de *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp., con dosificaciones  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$ ) y finalmente se aplicaron encuestas para determinar el potencial de la fórmula biológica como controladores biológicos de *Hypothenemus hampei* para el manejo sostenible de fincas cafetaleras. Siendo el T4 (P4 + M17  $1 \times 10^7$ ) la fórmula más eficiente que reporta un porcentaje de patogenicidad del 98% a nivel de laboratorio, con una incidencia del insecto de 9,83% a nivel de campo, en comparación con la incidencia inicial de 77,67% reduciendo la incidencia del ataque de broca en un 58,4%, a los 112 días de haber aplicado las formulaciones. Por otro lado, las características socioeconómicas de los productores cafetaleros del distrito de Huambo, no repercute en el uso y la compra del producto para el manejo sostenible de fincas cafetaleras.

**Palabras Clave:** *Beauveria peruviansis*, entomopatógenos *Metarhizium* sp., patogenicidad

## ABSTRAC

Peru is considered one of the main exporters of coffee worldwide, where the Amazon region is one of the four main sources of production for export. However, one of the negative factors affecting production is the incidence of pests and diseases, which cause a decrease in coffee yield. Therefore, this research aims to develop a biological formula based on *B. peruviansis* and *Metarhizium* sp. for the biological control of the coffee berry borer. For this purpose, pathogenicity tests of entomopathogenic strains of *B. peruviansis* and *Metarhizium* sp. were carried out, independently, pathogenicity of biological formulations in the laboratory and the efficacy of this at field level (formula based on *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp, with dosages 1x10<sup>6</sup>, 1x10<sup>7</sup> and 1x10<sup>8</sup>) and finally, surveys were applied to determine the potential of the biological formulation as biological controllers of *H. hampei* for the sustainable management of coffee farms. T4 (P4 + M17 1x10<sup>7</sup>) was the most efficient formula, reporting a pathogenicity percentage of 98% at the laboratory level, with an insect incidence of 9.83% at the field level, compared to the initial incidence of 77.67%, reducing the incidence of CBB attack by 58.4%, 112 days after applying the formulations. On the other hand, the socioeconomic characteristics of coffee growers in the Huambo district do not affect the use and purchase of the product for sustainable management of coffee farms.

**Key words:** *Beauveria peruviansis*, entomopathogens, *Metarhizium* sp., pathogenicity.

## INTRODUCCIÓN

En setiembre de 2021, las exportaciones mundiales de café (Arábica y Robustas) ascendieron a 10,7 millones de sacos (60 kg), superior a los 10,59 millones de sacos exportados en setiembre de 2020 (ICO, 2021). A nivel mundial, el Perú es el séptimo país exportador de café y segundo exportador de café orgánico (MIDAGRI 2020). En los últimos 6 meses del año 2022, Perú exportó 34 mil TM de café por un valor de US\$ 102 millones, de los cuales el 9,6% proviene de Amazonas US\$ 9,8 millones (Comercio Regional, 2021).

En los últimos años, en la región Amazonas la producción de café se ha incrementado durante los primeros 6 meses de 2021, llegando a producir 31 mil toneladas (ICO 2021). Amazonas posee 425,416 hectáreas dedicadas al cultivo de café, siendo la cuarta región con mayor producción de café del país (12% del total) después de San Martín, Junín y Cajamarca (FórumCafé, 2020). De esta manera, el negocio agropecuario viene aumentando el 103% debido a las mayores ventas de café, contribuyendo así, con el 0,7% del PBI y el 0,1% de la exportación del país (Intracen, 2021).

En la actualidad la industria del café sostenible, se ha convertido en una preocupación considerable (Campera et al., 2021). Ya que implica abordar aspectos como: capacidad y uso de tierras, calidad del suelo, producción agrícola y factores socioeconómicos, aspectos interrelacionados que determinan una producción agrícola sostenible (Lerner Grandisky et al., 2021).

Mediante la producción orgánica de café, los agricultores cuentan con beneficios económicos, ya que ofrecen un producto de mejor calidad teniendo un mejor acceso al mercado (Hajjar et al., 2019). Sin embargo, también se enfrentan a pérdidas financieras debido a alteraciones en la calidad del rendimiento del café, donde el causante es la presencia de la plaga más dañina del cultivo *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) comúnmente conocido como broca (Aristizábal et al., 2016). Este insecto afecta tanto el rendimiento como la calidad de los productos de café al perforar los frutos de la planta reduciendo el

peso de los granos ocasionando el ingreso de hongos (Bueno & Taniwaki, 2020). Causando así más de 500 millones de dólares en daños anuales (Johnson et al., 2020).

Una alternativa de solución para el control de *H. hampei* es el control biológico, con la aplicación de hongos entomopatógenos (Bueno & Taniwaki, 2020), los cuales determinan la hidrofobicidad del conidio y su adherencia a la cutícula de los insectos causando síntomas de enfermedad en los insectos huéspedes (Ren et al., 2021). Una de sus capacidades más relevante es actuar como agentes antagonistas de enfermedades de las plantas (Steve et al., 2018).

Uno de los enemigos naturales más importantes de la broca en todo el mundo es el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Nilton et al., 2002), los niveles de mortalidad inducidos por *B. bassiana* oscilan entre <1 y 70% en las poblaciones de campo (Hollingsworth et al., 2020). Por otro lado, tenemos al hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, con tasas de infección que oscilan entre el 22,1% y el 43,1% (Cure et al., 2020).

Sin embargo, la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* se utilizan para controlar el barrenador de frutos del café (Aristizábal et al., 2016). Trabajos anteriores revelaron que la mezcla de estos son más virulentos que el uso de cepas individuales (Jaramillo et al., 2015). Mencionan que, en su investigación bajo condiciones de laboratorio, las mezclas revelaron tasas de mortalidad contra la broca del café que oscilaron entre 91% y 94%, mientras que, en campo las aplicaciones de tratamiento redujeron la infestación en árboles entre el 18% y el 47% en comparación con el control; disminuyendo así la población de insectos en las bayas infestadas en un 40%. Siendo esta la razón de uso del control biológico para erradicar la broca del café.

Para la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, el café es el cultivo más representativo, generando ingreso económico familiar a grandes escalas (Leiva, 2016). Los agricultores de esta zona en su mayoría se dedican a la producción del cultivo de café. Debido al cambio climático en todo el mundo se ha beneficiado el desarrollo y crecimiento de plagas y enfermedades para el cultivo de café, donde se reportaron daños por encima del 50% reduciendo la cosecha y disminuyendo significativamente la conversión del café cerezo en pergamino (INDES-CES., 2015).

En Rodríguez de Mendoza, debido a diferentes agentes externos la producción cafetalera se ve afectada y pone en riesgo la sostenibilidad económica, social y ambiental, afectando directamente a las familias del distrito de Huambo de esta provincia.

Mediante este trabajo de investigación se pretende implementar el control biológico de la broca del café, utilizando la aplicación de una fórmula biológica a base de dos cepas de hongos entomopatógenos como estrategias de control. Que implique un costo económico moderado, de fácil ejecución y fundamentalmente que contribuya con el cuidado del medio ambiente, conservando el enfoque de sostenibilidad de fincas cafetaleras de productores del distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas. Razón por la cual, el presente estudio tuvo como objetivos fundamentales (i) elaborar una fórmula biológica a base de dosis de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., como controlador biológico de *H. hampei*, para el manejo sostenible de fincas cafetaleras de la provincia de Rodríguez de Mendoza de Amazonas, (ii) identificar el nivel de patogenicidad en laboratorio de diferentes cepas del hongo *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., (iii) determinar la eficacia de las fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., en laboratorio y en campo. Finalmente (iv) determinar el potencial de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., como controlador biológico de *H. hampei* para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas. Todo ello con el fin mayor de hacer accesible y manejable el control biológico en los campos agrícolas de esta provincia y utilizar esta alternativa de control para combatir la plaga clave del cultivo de café, logrando obtener una mejor rentabilidad del producto de forma sostenible y sustentable.

## I. MATERIAL Y MÉTODOS

### Metodología:

#### 2.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., en laboratorio.

##### Área de estudio

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Sanidad Vegetal (LABISANV), de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

##### 2.1.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas del género *Metarhizium* sp.

###### a) Reactivación de las cepas

La activación de cepas se realizó a partir de aislados conservados (Tabla 1) por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES). Se realizaron repiques de 18 cepas entomopatógenas, para ello se utilizó el asa de siembra y se almacenó en una incubadora a 28°C por un periodo de 15 días (momento donde se presenta la máxima esporulación) (Gómez & Mendoza 2001).

**Tabla 1.** Cepas del género *Metarhizium* sp., provenientes de la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas.

Nº	Nombre	Distrito	Ubicación		Altitud (msnm)	Variedad café	Código
			Este	Norte			
1	Mamich02	Mariscal Benavides	221265	9292992	1565	Catimor	MMR-M1
2	Long04	Longar	218471	9293560	1586	Catimor	LLM-M2
3	COCH06	Cochamal	214885	9291139	1598	Catimor	CCR-M3
4	Mira11	Huambo	220603	9287599	1661	Catimor	MHR-M4
5	Naranjo13	R. Mendoza	223901	9291297	1592	Catimor	NRR-M5
6	LP18	Totora	228487	9281802	1757	Catimor	PTR-M6
7	Milp20	Milpuc	230505	9280744	1662	Catimor	MMR-M7
8	Chon22	Milpuc	233125	9281689	1689	Catimor	CMR-M8
9	Pm25	Omia	238132	9281904	1614	Catimor	POR-M9

10	T27	Omia	232896	9286902	1431	Catimor	TOR-M10
11	Dscr10	Huambo	218155	9289509	1645	Catimor	DHR-M11
12	OL 1	Omia	234775	9285337	1391	Catimor	SRR-M12
13	Ma01	Mariscal Benavides	222237	9293179	1585	Catimor	PMR-M13
14	Puq08	Huambo	215684	9288975	1588	Catimor	PHR-M14
15	Tran14	Santa Rosa	224648	9287667	1729	Catimor	TSR-M15
16	Milp19	Milpuc	229996	9281264	1656	Catimor	MMR-M16
17	Gebil	Omia	236088	9284363	1369	Catimor	TOR-M17
18	M28	San Nicolás	231472	9288826	1478	Catimor	MNR-M18

#### b) Producción masiva

Se prepararon matrices (18 cepas de hongos entomopatógenos del género *Metarhizium* sp.) en sólido de arroz siguiendo la metodología de Gómez et al. (2013), las cuales fueron utilizadas para cosechar las esporas y obtener el peso en gramos de esporas que fueron utilizadas para la inoculación en el proceso de patogenicidad.

#### c) Instalación de Patogenicidad

La prueba de patogenicidad de cepas entomopatógenas se realizó según metodología González et al. (1993). Para ello, se recolectaron insectos adultos de brocas *H. hampei* en campo de la cosecha del cultivo de café de fincas con incidencia de ataque de broca superior al 50 %. Luego se realizó la extracción de insectos vivos de los granos de café para ser colocadas en una placa Petri previamente esterilizada. Se desinfectaron los insectos, sumergiéndolos en una placa petri con NaClO al 0,5% de concentración por un periodo de 1 minuto (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014). También se realizó el lavado de los insectos por tres veces consecutivas con agua destilada estéril (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014), para ser distribuidas colocándose 10 insectos en cada placa más 3 frutos sanos de café, trabajando 18 tratamientos más un testigo, considerando un total de 19 tratamientos con 3 repeticiones, empleando un total de 950 insectos para el ensayo. Finalmente, se realizó la inoculación de los insectos en concentraciones ajustadas a  $1 \times 10^7$

UFC/mL (UFC=Unidades formadoras de colonias) de *Metarhizium* sp. Por un periodo de 12 días y se evaluó la patogenicidad de las cepas del hongo sobre la broca del café, registrando los tiempos de mortandad por causas patogénicas manteniendo las brocas vivas o muertas en las placas petri para no interrumpir la dinámica del insecto y el desarrollo hongo, Gonzáles et al. (1993).

### 2.1.2. Patogenicidad de cepas de hongos entomopatógenos *B. peruviansis*.

Los aislados de *B. peruviansis*, se obtuvieron de adultos de *H. hampei*, esta colecta fue parte de un estudio de diversidad de hongos del género *Beauveria*, la especie de los aislado se confirmaron mediante morfología y secuenciación de genes *Bloc*, *RPB1* y *Tefl* (Bustamante et al. 2019). Actualmente, los aislamientos utilizados de este trabajo forman parte del herbario KUELAP de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Todos los aislamientos fueron conservados y multiplicados en medio Papa Dextrosa Agar (PDA). Para la determinación de patogenicidad se siguió el mismo procedimiento de “Patogenicidad de cepas entomopatógenas del género *Metarhizium* sp.” (Acápite 2.1.1).

**Tabla 2.** Patogenicidad de cepas entomopatógenas de *B. peruviansis* (Aislados conservados).

PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CÓDIGO DE AISLADO	PATOGENICIDAD
<b>Rodríguez de Mendoza</b>	OMIA	Líbano	<i>ABspP1</i>	93 %
	OMIA	Líbano	<i>ABspP2</i>	67 %
	OMIA	Líbano	<i>ABspP3</i>	100 %
	OMIA	La Primavera	<i>ABspP4</i>	97 %
	OMIA	La Primavera	<i>ABspP5</i>	97 %
	OMIA	La Primavera	<i>ABspP6</i>	90 %

OMIA	La Primavera	ABspP7	90 %
OMIA	La Primavera	ABspP8	100 %
OMIA	La Primavera	ABspP9	67 %
OMIA	Líbano	ABspP10	93 %
OMIA	Líbano	ABspP11	67 %
CHIRIMOTO	Paraiso	ABspP12	73 %
CHIRIMOTO	Paraiso	ABspP13	70 %
CHIRIMOTO	Paraiso	ABspP14	80 %
CHIRIMOTO	Zarumilla	ABspP15	93 %
CHIRIMOTO	Zarumilla	ABspP16	93 %
CHIRIMOTO	Zarumilla	ABspP17	77 %
CHIRIMOTO	Zarumilla	ABspP18	97 %
Huambo	Dos Cruces	ABspP19	73 %
Huambo	Dos Cruces	ABspP20	69%

#### a) Análisis de datos

Los resultados de los niveles de patogenicidad del hongo entomopatógeno *Metarhizium* sp., y *B. peruviansis* fueron analizados por la técnica de Modelos lineales Mixtos del Software estadístico InfoState Versión 2018 (Rienzo et al., 2017). Mediante la prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher se determinó las diferencias entre las medias de los tratamientos con aplicación de *Metarhizium* sp., y la prueba de comparación de medias de DGC para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos con *B. peruviansis*.

## 2.2. Eficacia de las fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., en laboratorio y en campo.

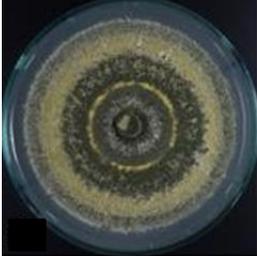
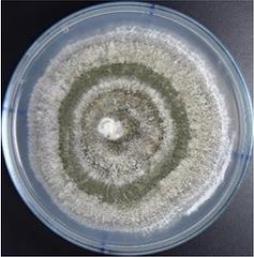
**2.2.1. Fase de laboratorio:** La eficacia de la fórmula biológica se determinó a través de la patogenicidad. Antes de realizar la prueba de patogenicidad de las fórmulas biológicas (*B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.), se seleccionaron cepas entomopatógenas, según el porcentaje de patogenicidad de cada cepa trabajada individualmente a nivel de laboratorio (Tabla 3). Posterior a ello, se tomaron conidios de los aislados conservados por INDES-CES, para realizar la siembra en placas preparadas (con agar PDA + agua destilada) hasta lograr su crecimiento (periodo de 15 días). Una vez listas las cepas entomopatógenas se realizó el conteo de esporas, porcentaje de germinación y prueba de patogenicidad (Tabla 4 y 5).

**Tabla 3.** Porcentaje de patogenicidad de cepas entomopatógenas utilizadas para la elaboración de la fórmula biológica.

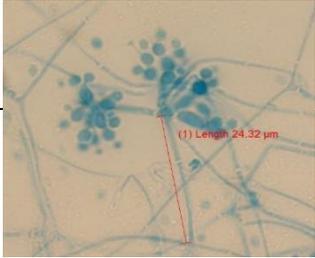
Cepas	Código	Patogenicidad
<i>Metarhizium</i> sp.	M17	100 %
<i>Metarhizium</i> sp.	M01	100 %
<i>Metarhizium</i> sp.	M16	97%
<i>B. peruviansis</i>	P4	97 %
<i>B. peruviansis</i>	P19	73%

Dichas cepas fueron seleccionadas debido a sus características morfológicas, días de producción masiva y porcentaje de patogenicidad (alto medio y bajo) (Osorio y Canal, 2011, Monzon, 2001 y Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza - CATIE, 2008).

**Tabla 4.** Cepas de *Metarhizium* sp., utilizadas para a fórmula biológica.

Cepas	Patogenicidad	Estructura morfológica
<p><i>Metarhizium</i> sp.</p>  <p>M17</p>	<p>100 %</p>	
<p><i>Metarhizium</i> sp.</p>  <p>M01</p>	<p>100 %</p>	
<p><i>Metarhizium</i> sp.</p>  <p>M16</p>	<p>97%</p>	

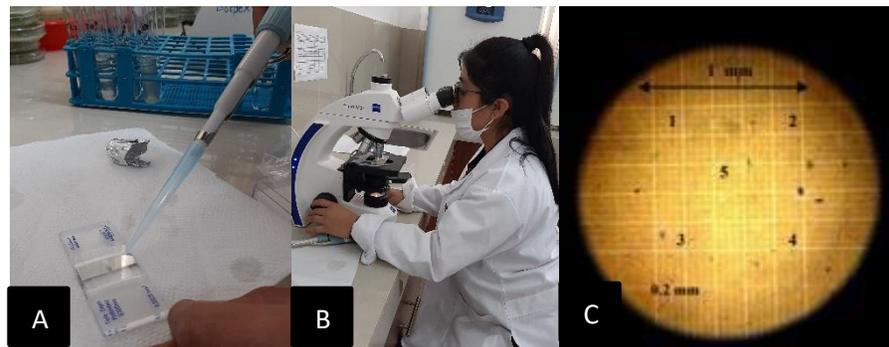
**Tabla 5.** Cepas de *B. Peruviansis* utilizadas para a fórmula biológica.

Cepas	Patogenicidad	Estructura morfológica
<p><i>B. peruviansis</i></p>  <p>P4</p>	97 %	
<p><i>B. peruviansis</i></p>  <p>P19</p>	73%	

**a) Conteo de esporas**

Para este proceso, siguiendo la metodología de Obando et al. (2013) con algunas modificaciones. A partir de aislados de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., de 15 días de siembra se tomaron cinco discos de 5mm de diámetro de la colonia para luego ser colocados en tubos de ensayo con 9mL de Tween 80 al 0,5% + agua destilada. Seguidamente se agitaron los tubos de ensayo por un minuto en el vórtex, de esta manera se preparó la solución madre (dilución  $10^{-1}$ ). Se repitió este procedimiento para las diluciones ( $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ ). De las diluciones realizadas anteriormente, se determinó la concentración de esporas, para ello se tomó 10 $\mu$ L con una micropipeta, para ser depositado en la cámara de Neubauer Blaubrand, dejando reposar por un tiempo de dos minutos para que las esporas se asienten. Luego se procedió a realizar el conteo de esporas con ayuda del microscopio (Nikon L-KE) con el objetivo de 40 X. El proceso

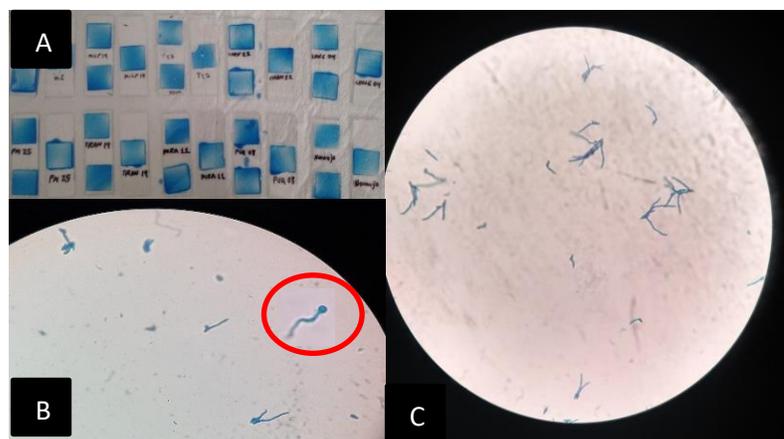
de conteo de esporas se realizó tres veces consecutivas por cada cepa para obtener un dato promedio (Vélez et al., 1997) (Figura 1).



**Figura 1.** Conteo de esporas en la cámara Neubauer; A: Uso de la cámara de Neubauer; B: Conteo de conidios de los cuadrantes de la cámara de Neubauer en el microscopio 40X; C: Conteo de conidios en uno de los cuadrantes centrales de la cámara de Neubauer.

#### b) Pruebas de germinación

En esta etapa se utilizó la metodología descrita por Acuña et al. (2015). Se prepararon diluciones ( $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ ) en serie de suspensión de esporas, para ello, se tomó 1 mL de la suspensión de esporas a la cual se adiciono 9 mL de agua destilada estéril más la solución Tween 80 al 0,5 %, para luego agitar la dilución por 1 min en el vórtex. El proceso se repitió hasta obtener las diluciones necesarias, a partir de diluciones según la concentración de esporas, los tubos de ensayo fueron llevados a la cámara de flujo laminar para continuar con el proceso de siembra. Con ayuda de una micropipeta se depositó 30  $\mu$ L de dilución de esporas de *Metarhizium* sp., y *B. peruviansis* respectivamente, ubicados en dos puntos separados de una placa petri con medio de cultivo PDA. Para finalizar el proceso, se colocó encima cubreobjetos y se incubaron a 28°C, luego de transcurrir 18 horas después de la siembra se realizó el conteo de esporas totales, registrando las esporas germinadas y las esporas no germinadas (Vélez et al., 1997) Figura 2.



**Figura 21.** Evaluación de porcentaje de germinación; a. Lectura de porcentaje de germinación; b y c. Conidios germinados.

### c) Patogenicidad de la fórmula biológica

Para determinar la patogenicidad de las fórmulas biológicas de las cepas entomopatógenas, primero se determinó la compatibilidad de microorganismos de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., siguiendo la metodología de Elósegui & Elizondo (2010). Posterior a ello se determinó la patogenicidad de las fórmulas biológicas con 3 dosificaciones, desarrollando las siguientes actividades:

- **Reactivación de hongos entomopatógenos *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.:** Se realizaron repiques de cepas entomopatógenas P19 y P4 de *B. peruviansis* y las cepas M17, M16 y M01 de *Metarhizium* sp., conservándolas a 28°C por un periodo de 15 días.
- **Producción masiva de cepas de hongos entomopatógenos de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.:** Se realizó la elaboración de matrices en sólido de arroz, siguiendo la metodología de Barnett & Hunter; (1998); Bischoff et al. (2009) y Nishi et al. (2017).
- **Recolección de adultos brocas *H. hampei* en campo:** Se colectaron granos brocados de la cosecha del cultivo de café de fincas con incidencia de ataque que superan 50 % de incidencia.

- **Extracción de las brocas de los granos de café:** Se realizó la extracción de insectos vivos de los granos de café para luego ser colocadas en una placa petri previamente esterilizados.
- **Desinfección de las brocas vivas:** Los insectos, fueron sumergidos por un 1 minuto en placas petri con NaClO al 0,5%. (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014).
- **Lavado con agua destilada estéril:** Para el lavado se utilizó agua destilada estéril, realizando el proceso tres veces consecutivas. (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014).
- **Cálculo de dosificación de la fórmula biológica:** Para la determinación de dosis de la fórmula biológica, se calculó la concentración de conidios por gramos de producto cosechado (rendimiento total), posterior a ello se determinó la viabilidad por gramo de producto cosechado y finalmente se calculó el número de esporas viables por regla de 3 simple (rendimiento neto) (Cañedo & Ames, 2004). (Tabla 6)

$$CV = \frac{PV * PC}{100}$$

**Donde:**

**CV:** Número de conidios viables por gramos (rendimiento neto)

**PV:** Porcentaje de viabilidad por gramo de producto cosechado (viabilidad)

**PC:** Conidios por gramo de producto cosechado (rendimiento total)

Para el número de gramos a formular y obtener una dosis en campo, a partir del rendimiento neto se utiliza regla de 3.

$$GF = 1g * CD/RN$$

**Donde:**

**GF:** Gramos a formular

**CD:** Dosis de campo

**RN:** Rendimiento neto = N° de conidios viables por gramo

Finalmente basados en la metodología de Jaramillo et al., (2015) y Vélez et al.,(1997) se determinó la cantidad de mezcla de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., (50% respectivamente) y las dosificaciones ( $10^6, 10^7$  y  $10^8$ ) para la elaboración de la fórmula.

**Tabla 6.** Dosificación de tratamientos utilizados para prueba de patogenicidad calculados.

Tratamientos	Fórmula	Dosificación de <i>B. peruviansis</i> .			Dosificación de <i>Metarhizium</i> sp.	
		50 mL		+	50 mL	
		Volumen (mL)	Peso de esporas (g)		Volumen (mL)	Peso de esporas (g)
<b>T1</b>	P19+M17 C1	500	0,03	+	100	0,2
<b>T2</b>	P19+M17 C2	100	0,05	+	50	0,1
<b>T3</b>	P19+M17 C3	100	0,5	+	50	1
<b>T4</b>	P4+M17 C1	500	0,03	+	100	0,2
<b>T5</b>	P4+M17 C2	100	0,07	+	50	0,1
<b>T6</b>	P4+M17 C3	100	0,7	+	50	1
<b>T7</b>	P19+M16 C1	500	0,03	+	500	0,4
<b>T8</b>	P19+M16 C2	100	0,05	+	100	0,7
<b>T9</b>	P19+M16 C3	100	0,5	+	50	3,7
<b>T10</b>	P4+M16 C1	500	0,03	+	500	0,4
<b>T11</b>	P4+M16 C2	100	0,07	+	100	0,7
<b>T12</b>	P4+M16 C3	100	0,7	+	50	3,7
<b>T13</b>	P19+M01 C1	500	0,03	+	500	0,3
<b>T14</b>	P19+M01C2	100	0,05	+	100	0,7
<b>T15</b>	P19+M01C3	100	0,5	+	50	3,2
<b>T16</b>	P4+M01 C1	500	0,03	+	500	0,3
<b>T17</b>	P4+M01 C2	100	0,07	+	100	0,7
<b>T18</b>	P4+M01C3	100	0,7	+	50	3,2

C1= Concentración 1; C2= Concentración 2, C3= Concentración 3

- **Preparación de la fórmula biológica:** Para ello, se cosecharon las esporas de cepas entomopatógenas de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., según concentraciones especificadas en la Tabla 6. Se procedió a realizar el pesado de esporas en una balanza analítica para ser depositada en un matraz con agua destilada según dosificaciones ( $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$ ). Finalmente, una vez elaborada las soluciones de esporas de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., por separado; en un nuevo recipiente se realizó la mezcla de la solución según dosificaciones de esporas *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., vertiendo solo 50 mL de solución respectivamente.
  
- **Aplicación de la fórmula biológica:** Una vez desinfectados y lavados los insectos (brocas), estos fueron sumergidos en una placa petri con solución de 100 mL de esporas de la fórmula (*B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.) por 1 minuto, según dosificación correspondiente, a razón de  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$  UFC/mL. Una vez inoculadas las brocas, fueron colocadas en una placa la cual contenía papel toalla estéril humedecido en la base, para facilitar el desarrollo del hongo sobre la broca. Con ayuda de un pincel, se colocaron 10 brocas por placa y cinco granos de café, para evitar canibalismo entre ellas y muerte por hambre para cada tratamiento. Se repitió el mismo procedimiento cinco veces, luego se procedió a tapar las placas petri con papel parafilm y finalmente fueron rotuladas según codificación. Estas placas fueron colocadas en un ambiente de incubación a 28 °C por 12 días. Finalmente, se realizó el proceso de evaluación consecutiva y con un atomizador se procedió a rociar el papel toalla con agua destilada para mantener la humedad sin saturar el agua de cada placa petri.
  
- **Evaluación de la patogenicidad de la fórmula sobre *H. hampei*.** El proceso se realizó durante 12 días consecutivos a la misma hora, se hidrató cada placa con ADE (Agua Destilada Estéril) cada día y se conservó en la incubadora a 28°C. Se registró la mortalidad diaria de las brocas y el crecimiento del hongo sobre éstas, mediante la observación en estereoscopio (González et al., 1993).

Finalmente, los datos obtenidos de porcentaje de mortalidad fueron corregidos, mediante la fórmula de Abbott: Cañedo & Ames, (2004)

$$\%MC = \frac{\% Mortalidad obtenida - \% Mortalidad testigo}{100 - \% Mortalidad testigo} \times 100\%$$

MC= Porcentaje de mortalidad corregida Verónica Cañedo & Ames, (2004)  
Crecimiento de micelio del hongo (*B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.) en adultos de (*H. hampei*) inoculados.

**d) Análisis de datos**

Los resultados de patogenicidad de las fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp., fueron analizados por la técnica de Modelos lineales Mixtos del Software estadístico InfoState Versión 2018. Mediante la prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher se determinó las diferencias entre las medias de los tratamientos con aplicación de fórmula y DGC para la prueba de comparación de medias (Rienzo et al., 2017).

**e) Diseño experimental:**

Para la fase de laboratorio se realizó diseño completo al azar DCA, de 18 x 5 (Tabla 7), donde se trabajaron 18 tratamientos (fórmula a base de *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.); cada uno con 5 repeticiones, sumando un total de 90 unidades experimentales.

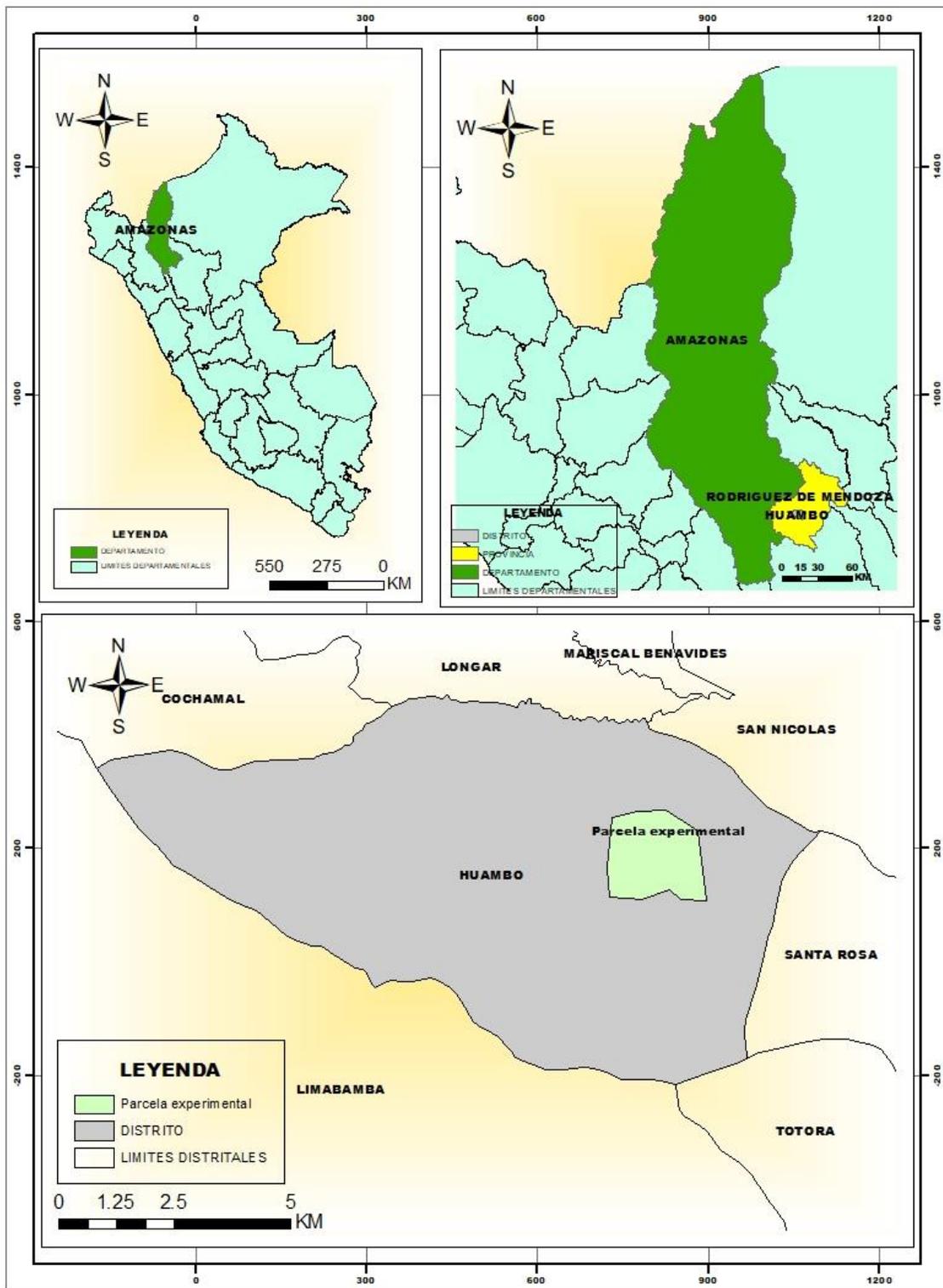
**Tabla 7.** Diseño experimental – Fase laboratorio.

<b>Diseño Completamente al Azar (DCA)</b>	
Repeticiones	5
Tratamiento	18
N° de unidades experimentales	90
Área de la unidad experimental	1.53 m <sup>2</sup>
Número de placas Petri a evaluar	90

**Fase de Campo:** La eficacia de la fórmula biológica a nivel de campo se determinó a través del control de incidencia de *H. hampei*, una vez aplicada las fórmulas biológicas (*B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.).

**a) Área de estudio**

El estudio planteado se instaló en el distrito de Huambo, provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, con 1 630 m. s. n. m. de altitud. Coordenadas 6°25'44" S 77°32'16" O, por el sur 222818 y por el oeste 9287791. Donde las fincas cafetaleras presentan alta incidencia del ataque de broca del café *H. hampei*, según las condiciones climáticas para la época de estudio (marzo – setiembre 2021).



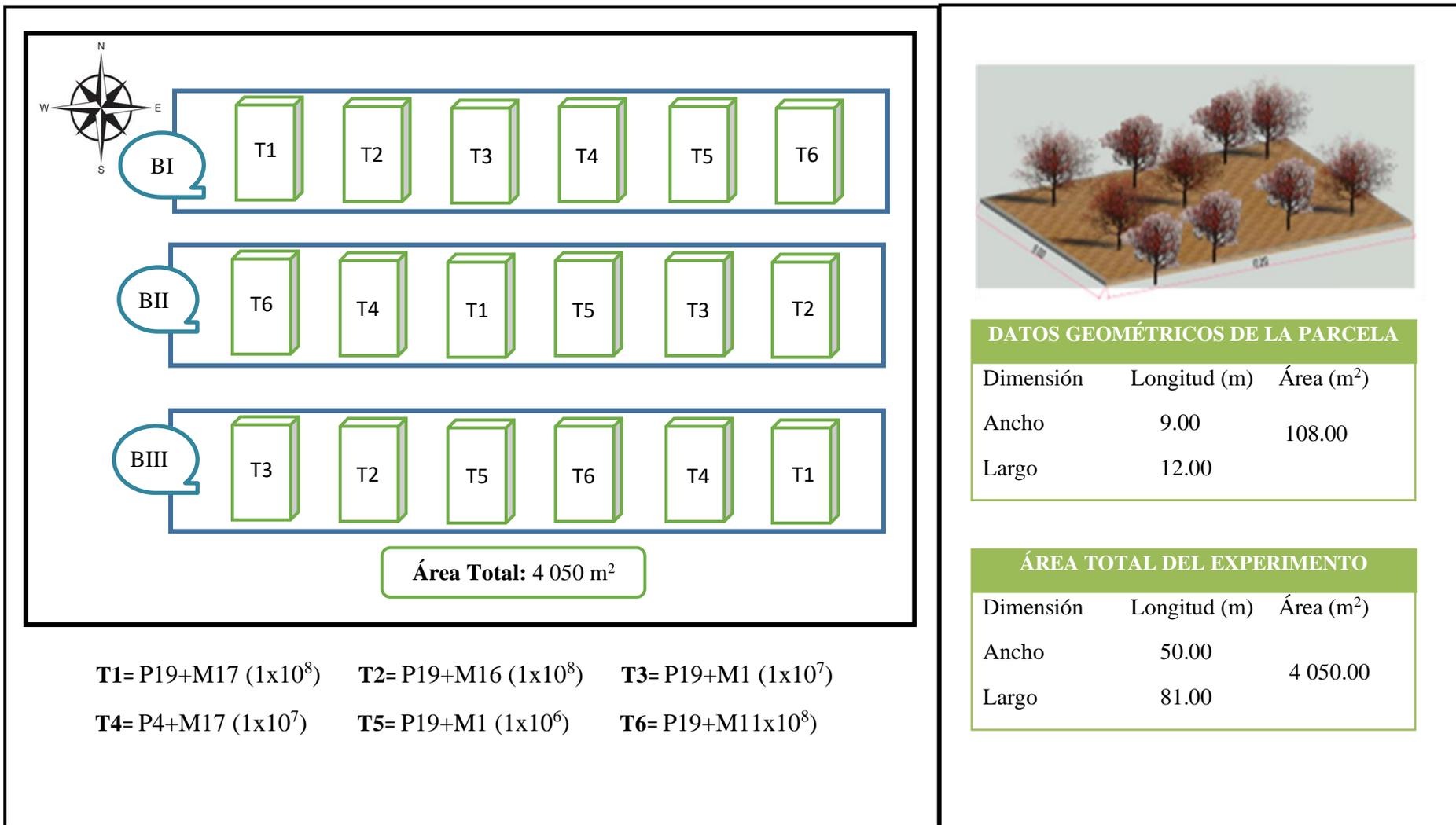
**Figura 3.** Mapa de ubicación del experimento en el distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas.

#### **b) Población y muestra**

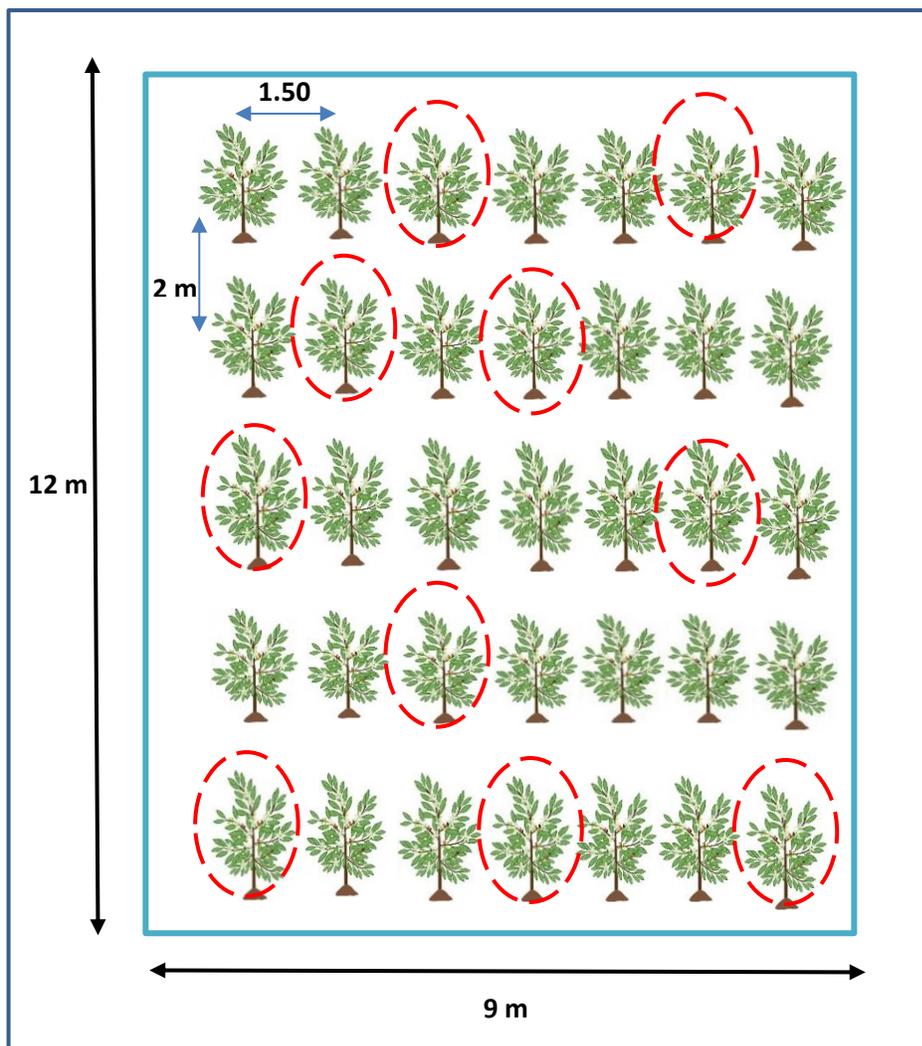
Estuvo conformada por plantaciones de café (variedad Catimor), en proceso de producción (primera cosecha del año), sembradas en un área de 4 050 m<sup>2</sup>, bajo las condiciones edafo-climáticas del distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas (Figura 3). Para cada tratamiento se evaluaron 10 plantas de café (por cada unidad experimental), haciendo un total de 600 plantas con 3 repeticiones. Todas las unidades experimentales presentaron las mismas características físicas de la planta.

#### **c) Selección de fincas cafetaleras**

Para la selección de fincas cafetaleras, se tuvo en cuenta lo siguiente: mismas características fenológicas de la planta, variedad Catimor, plantaciones de 6 años, tipo y porcentaje de sombra de la misma condición y manejo de producción orgánica. Siendo fincas que sobrepasaban el umbral de daño económico ocasionado por la broca. Una vez identificada la finca, se seleccionaron 18 parcelas experimentales, las cuales se distribuyeron en 3 bloques. Cada unidad experimental estaba conformada por 35 plantas de café, donde se seleccionaron 10 plantas de manera aleatoria (Figura 4), las cuales fueron codificadas para evaluar la incidencia de broca en cada tratamiento para cada bloque (Avila, 2010).



**Figura 4.** Distribución de las unidades experimentales en campo.



**Figura 5.** Distribución de plantas evaluadas de cada unidad experimental de la investigación.

**d) Evaluación de la incidencia del daño causado por la broca del café *H. hampei*.**

Para determinar la incidencia inicial y el porcentaje de infestación de la broca del café, se realizaron muestreos previos en campo antes de la instalación del ensayo. Para ello, de manera aleatoria de las ramas de los estratos inferiores, medio y superiores de plantas de café, se colectaron 100 frutos. Los datos obtenidos se registraron en fichas de evaluación para calcular el porcentaje de frutos brocados (Castaño et al., 2005).

**e) Evaluación de incidencia de *B. peruviansis***

La evaluación se realizó para verificar la incidencia natural de *B. peruviansis* (Bustamante et al., 2019) en los tratamientos y bloques establecidos. Para ello se contabilizaron los granos de las ramas, luego se identificó los granos de café con presencia de *B. peruviansis*. Finalmente, se dividió el número de frutos con *B. peruviansis*. (NFB.p) entre el número total de frutos (NTF) multiplicado por 100 (Bamisope et al., 2018) la fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Infestación de } B. \text{ peruviansis. (\%)} = \text{NFB.p} / \text{NTF} \times 100$$

**Donde:**

NFB.p: Número de frutos con *B. peruviansis*.

NTF: Número total de frutos

**f) Selección de matrices para llevar a campo.**

Se seleccionaron las cepas entomopatógenas según su nivel patogenicidad y fácil producción (menor tiempo) de cepas realizadas a nivel de laboratorio. Los criterios de selección se basaron en comprobar la eficacia de las formulaciones con niveles de patogenicidad alto, medio y bajo (Rangos: Alto - 100 a 90%; medio: 80 a 70 % y bajo: menos de 60% de patogenicidad). Considerando que las 18 formulaciones elaboradas a nivel de laboratorio superan el 90% de patogenicidad.

**g) Preparación de matrices para campo**

Según la metodología de Jaramillo et al., (2015) se utilizó como material de propagación sólido de arroz previamente esterilizado. Para ello se tomaron cepas previamente reactivadas de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., a partir de la obtención de conidios de los cuales se hizo la multiplicación masiva de las cepas en medio sólido de arroz. Luego se procedió a coleccionar las esporas en agua destilada estéril con Tween 80 al 0,1% para realizar el conteo de esporas. Finalmente se realizó el pesado del sólido de arroz según concentraciones de  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^6$  esporas por mL, según los resultados de las dosis seleccionadas en laboratorio.

**Tabla 8.** Dosificaciones de fórmulas biológicas utilizadas en campo.

Tratamientos	Fórmula	Patogenicidad en laboratorio (100%)	Concentración de <i>B. peruviansis</i> .			Concentración de <i>Metarhizum sp.</i>	
<b>T1</b>	P19+M17 ( $1 \times 10^8$ )	100	42,8 g	2000 mL	+	49,8 g	2000 mL
<b>T2</b>	P19+M16 ( $1 \times 10^8$ )	100	42,8 g	2000 mL	+	49,8 g	2000 mL
<b>T3</b>	P19+M1 ( $1 \times 10^7$ )	98	23,7 g	2000 mL	+	24,9 g	2000 mL
<b>T4</b>	P4+M17 ( $1 \times 10^7$ )	98	23,7 g	2000 mL	+	24,9 g	2000 mL
<b>T5</b>	P4+M1 ( $1 \times 10^6$ )	93	18,1 g	2000 mL	+	18,9 g	2000 mL
<b>T6</b>	P4+M1 ( $1 \times 10^8$ )	92	18,1 g	2000 mL	+	18,9 g	2000 mL

#### **h) Preparación del caldo entomopatógeno**

Con ayuda de una balanza se pesó el sustrato sólido con esporas según Tabla 8, para ser depositado en un balde con 1000 mL de agua más 12,96 mL de aceite agrícola vegetal. Luego se añadió el sustrato de arroz con esporas, para ello fue necesario frotar con las manos mientras se iba añadiendo para desprender las esporas del arroz (durante 5 minutos). Luego con ayuda de un colador se volcó el contenido en otro recipiente que contenía 1000 mL de agua (se realizó el mismo procedimiento cuatro veces hasta obtener las esporas). Utilizando aproximadamente 4 litros de agua por tratamiento. (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014). Finalmente se aplicó la fórmula para cada tratamiento para cada bloque considerando su respectiva dosificación  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^6$  esporas por mL. (50% respectivamente).

Una vez obtenido el caldo entomopatógeno, se colocó en un recipiente, dejándose reposar a temperatura de ambiente bajo sombra de 6 a 16 horas como tiempo mínimo para su aplicación, (tiempo prudente para hidratar las esporas del hongo). Posterior a ello, se agitó la mezcla y se colocó en la mochila de fumigar la cual contiene el agua necesaria de acuerdo con el volumen calculado para cada tratamiento, finalmente se realizaron las aspersiones. (Laboratorio de Entomopatógenos SCB - SENASA, 2014).

**i) Prueba en blanco para cálculo de volumen de agua**

1. En una mochila de fumigar de 20 litros, se colocó 15 litros de agua natural.
2. Se seleccionó una unidad experimental para realizar la prueba, en este caso (35 plantas de café por cada tratamiento).
3. A las 35 plantas de la unidad experimental seleccionada se le aplicó el agua que contenía la mochila de fumigar.
4. Una vez realizada la aplicación del agua, se midió la cantidad de agua que quedaba en la mochila de fumigar de 20 litros, para saber la cantidad de agua gastada en 35 plantas.
5. La cantidad de agua gastada se multiplicó por el número de plantas que se necesita aplicar y se dividió entre las 35 plantas.
6. Finalmente, se calculó que, se necesitó 4 litros de agua natural para cada tratamiento, para aplicar la fórmula biológica entomopatógena en todo el experimento.

**j) Aplicación de las fórmulas biológicas mediante aspersión**

Para este proceso, con la mochila de fumigar se realizaron las aspersiones dirigidas a las ramas productivas y a la parte principal del árbol aplicando de forma descendente de la parte más alta de la planta hacia la parte baja. Con ello se asegura un buen cubrimiento de toda la planta (Góngora et al., 2009).

**k) Evaluación de la aplicación de la fórmula biológica:**

Las evaluaciones, se realizaron de forma periódica (cada 21 días). Se evaluaron 10 plantas por cada tratamiento y los datos recopilados se plasmaron en cartillas de evaluaciones previamente diseñadas.

**l) Determinación de la eficacia en el control de la broca del café**

La eficacia del control biológico de la fórmula respecto a la broca del café, se determinó a través de la incidencia inicial, sin aplicación de la fórmula

biológica, restado la incidencia final de broca del café con aplicación de fórmula biológica. El resultado se dividió entre la incidencia inicial sin aplicación, multiplicado por 100. La operación se realizó para cada tratamiento de los tres bloques. Según Abbott, (1925) la fórmula utilizada para determinar el porcentaje de eficacia de control biológico con algunas modificaciones se detalla a continuación:

**Porcentaje de Eficacia**

$$E = (\% \text{ IISAFB} - \% \text{ IFCAFB} / \text{IISAFB}) \times 100$$

**Donde:**

**E:** eficacia (%)

**% IISAFB.:** % de incidencia inicial sin aplicación de la Fórmula biológica.

**% IFCAFB:** % de incidencia final con aplicación de la Fórmula biológica.

**m) Evaluaciones de las condiciones ambientales del lugar del experimento.**

Con la ayuda de un dispositivo electrónico denominado Datalogger, por medio de sensores propios basados en microcontroladores, se registró datos de temperatura y humedad relativa del ambiente en tiempo real en relación con la ubicación del experimento.

**n) Evaluación del rendimiento físico del café.**

Este proceso se llevó a cabo mediante el manejo post cosecha del café, determinando el rendimiento en kg/Tratamiento, teniendo en cuenta rendimiento físico, humedad y daños ocasionados por broca en los granos que se obtuvieron del rebalse de la cosecha de café.

**o) Análisis de datos**

Los resultados de patogenicidad de las fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium sp.*, como controladores biológicos de *H. hampei* en campo, fueron analizados por la técnica de Modelos lineales Mixtos del Software estadístico InfoState Versión 2018. Mediante la prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) (Rienzo et al., 2017)

**p) Diseño experimental**

Par la investigación se utilizó un diseño estadístico en Bloques Completo al Azar (DBCA) de arreglo bifactorial: 3 dosificaciones x 2 combinaciones de cepa de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp. Se instalaron 6 tratamientos con 3 bloques, haciendo un total de 18 unidades experimentales (cada unidad experimental estuvo representado por 35 plantas), dónde en cada unidad experimental se evaluaron 10 plantas.

**Tabla 9:** Diseño experimental - Fase de campo.

<b>Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA)</b>	
Bloques	3
Tratamiento	6
N° de plantas/Unidad experimental	10
Distanciamiento entre plantas	1.50 m
Distanciamiento entre surcos	1.80 m
Distanciamiento entre unidades experimental	5 x 9 m
Largo de la parcela	12 m
Ancho de la parcela	9 m
Área de la unidad experimental	108 m <sup>2</sup>
Área total del experimento	4 050 m <sup>2</sup>

### **2.3. *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., como controladores biológicos de *H. hampei* para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.**

#### **a) Elaboración de la Encuesta**

Se formularon preguntas para recopilar información del encuestado: Información general (nombre, género, edad, número de integrantes por familia, ocupación laboral, etc.). También se recolectó información del predio: (área total de siembra, área en bosque, manejo integrado de plagas, entre otros). Para los: 1) Factores Sociales (8 preguntas), 2) Factores Económicos (8 preguntas), 3) Factores Ambientales (8 preguntas) y 4) Manejo y control biológico de la broca del café (12 preguntas). Según los modelos de indicadores de sostenibilidad de (Loaiza et al., 2014), a cada pregunta se le asignó una calificación en escala de 1, 5 y 10 respectivamente para cuantificar la encuesta. (Anexo 1).

Para la elaboración de instrumento se tuvo en cuenta la población finita, el tamaño de muestra, la cual estuvo conformada por 25 encuestados, según el muestreo no probabilístico (muestreo de casos típicos) (León & Montero, 1993), ya que se consideró el número de población igual al número de muestra (sector Miraflores). Una vez formuladas las preguntas para las encuestas, estas fueron validadas mediante la revisión de expertos en el tema, siguiendo los pasos: prueba del instrumento, análisis de componentes, verificación de la consistencia de preguntas y revisión final de las encuestas (Arribas, 2004).

#### **b) Aplicación de encuestas**

Las encuestas fueron aplicadas en el sector Miraflores, distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, con la finalidad de recopilar la información relevante respecto a la sostenibilidad del manejo de las fincas cafetaleras y sus métodos de control para disminuir la incidencia de la broca del café, mediante el uso de microorganismos entomopatógenos.

Se aplicaron 25 encuestas para recopilar información detallada de productores cafetaleros, respecto a la aceptación y aplicación de la fórmula biológica para el

control de *H. hampei*, según indicadores de sostenibilidad (Loaiza et al., 2014). Para ello, cada indicador fue evaluado de forma independiente asignándole valores cuantitativos de uno (1), cinco (5) y diez (10) (siendo 1 el valor que indica baja sostenibilidad, 5 valor medio de sostenibilidad y 10 el valor que indica alta sostenibilidad). Los indicadores utilizados se dividieron en cuatro categorías: 1) Factor Social, 2) Factor Económico, 3) Factor Ambiental y 4) Manejo y control biológico de la broca del café, con enfoque respecto al manejo sostenible de fincas cafetaleras. (Anexo 2)

**c) Estandarización y ponderación de indicadores**

La estandarización de datos se realizó utilizando escala de valores asignados: para los datos que se encontraban por debajo de cinco (5) (nivel inferior), considerado datos que se encontraron por debajo del umbral de sostenibilidad - no sostenibles, datos que oscilan entre cinco (5) y siete (7) (nivel intermedio), considerados datos que se encuentran por encima del umbral de sostenibilidad (moderadamente sostenibles) y datos superiores a siete (7) (nivel superior) considerados “Sostenibles” (Altieri y Nicholls, 2002).

El valor asignado a cada indicador representa el nivel de sostenibilidad de fincas cafetaleras y la importancia que tiene el uso de control biológico para controlar a la broca del café, causante de grandes pérdidas económicas.

**d) Análisis de datos**

Los resultados obtenidos de las variables de sostenibilidad se procesaron mediante el análisis de correspondencias múltiples (ACM), utilizando el software estadístico R (2.12.09) (Gámez, 2012).

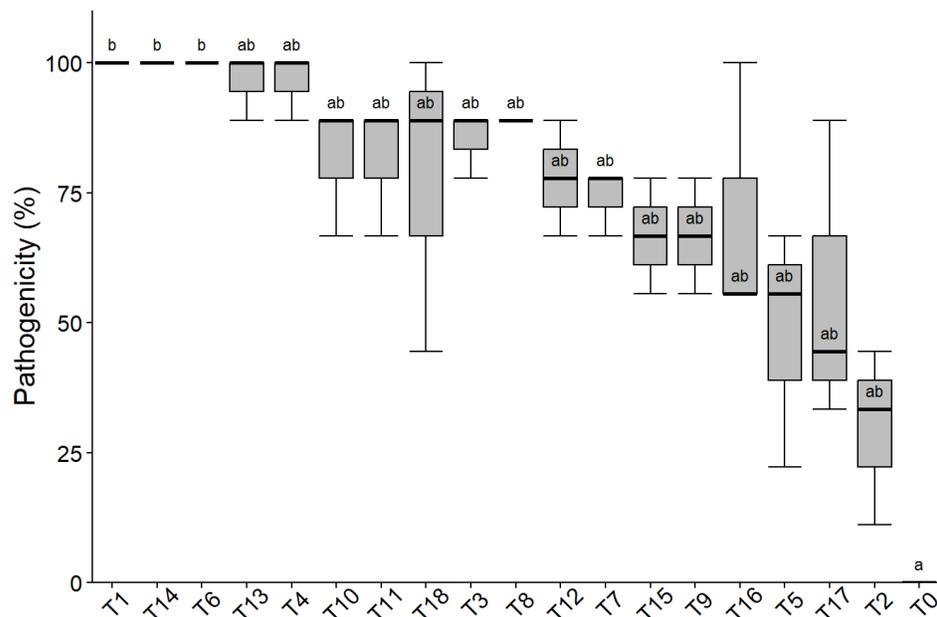
## II. RESULTADOS

### 3.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., en laboratorio.

#### 3.1.1. Patogenicidad de 18 cepas del hongo entomopatógeno del género *Metarhizium* sp.

En la Figura 6, se muestra que el tratamiento testigo (T0) obtuvo la patogenicidad más baja de *H. hampei*, con un promedio de 0,67% de mortalidad, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos evaluados. Además, el porcentaje de patogenicidad más alto lo obtuvieron los tratamientos T1 (cepa M17), T14 (cepa M1) y T6 (cepa M10) con 100% de mortalidad, en un tiempo de 72 horas de inoculación con caldo de esporas de *Metarhizium* sp., que a su vez se diferencian de los otros tratamientos evaluados.

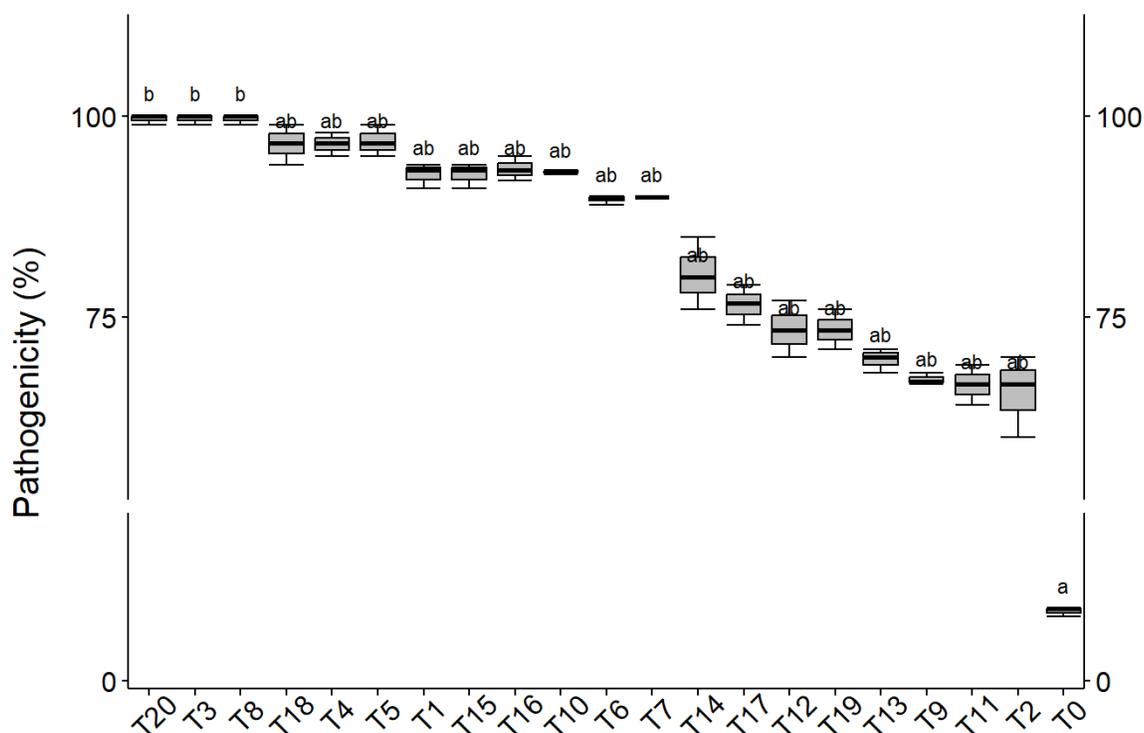
Los grupos que no comparten una letra en común tienen una diferencia media que es estadísticamente significativa.



**Figura 6.** Gráfica de patogenicidad de cepas entomopatógenas de *Metarhizium* sp., a las 72 horas de inoculación del caldo de esporas.

### 3.1.2. Patogenicidad de 20 cepas del hongo entomopatógeno del género *B. peruviansis*.

En la figura 7, se muestra que el tratamiento cero (T0), con cero dosis, obtuvo el porcentaje más bajo de patogenicidad de la broca del café, con un promedio de 8,67% de mortalidad, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos evaluados. Sin embargo, el % de patogenicidad más alto lo obtuvieron los tratamientos T20 (cepa P20), T8 (cepa P8) y T3 (cepa P3) con 100% de mortalidad, en un tiempo de 7 días de inoculación con caldo de esporas de *B. peruviansis*, que a su vez se diferencian de los otros tratamientos evaluados.



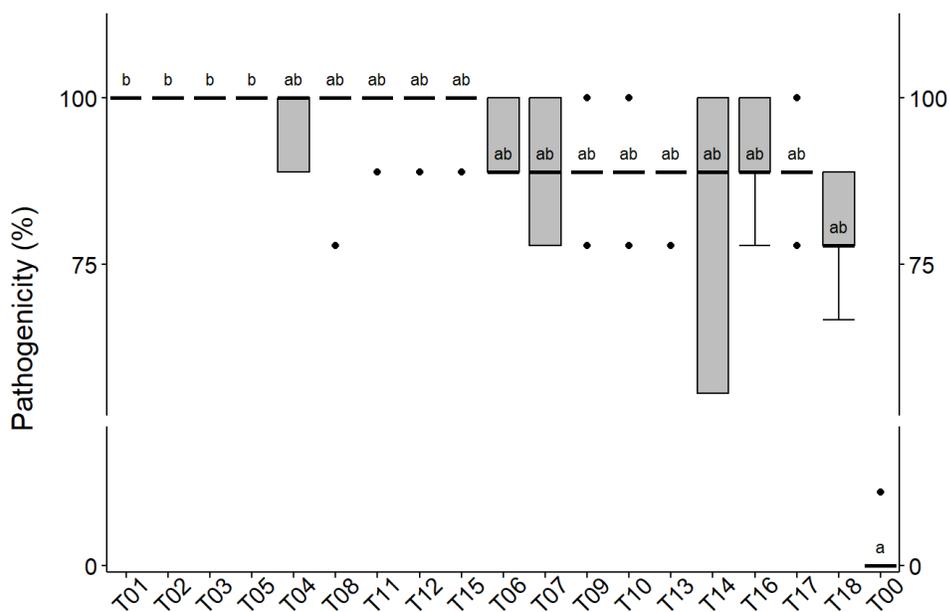
**Figura 7.** Gráfica de patogenicidad de cepas entomopatógenas de *B. peruviansis* a los 7 días de inoculación del caldo de esporas (Medias con una letra en común no son significativamente diferentes).

**3.1. Eficacia de fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium sp.*, en laboratorio y en campo.**

**I. Fase de Laboratorio:**

En la figura 8, muestra que los resultados de patogenicidad de *H. hampei* superan el 80% de patogenicidad, siendo el tratamiento T14 (fórmula P19+M02-C2) y T18 (fórmula P4+M01-C3) la más baja de la formula biológica. Mientras que para los tratamientos T1 (fórmula P19+M17-C1), T2 (fórmula P19+M17C2), T3 (fórmula P19+M17-C3) y T5 (fórmula P4+M17-C2) el nivel de patogenicidad es del 100%, a las 72 horas de inoculación con caldo de esporas de las fórmulas biológicas.

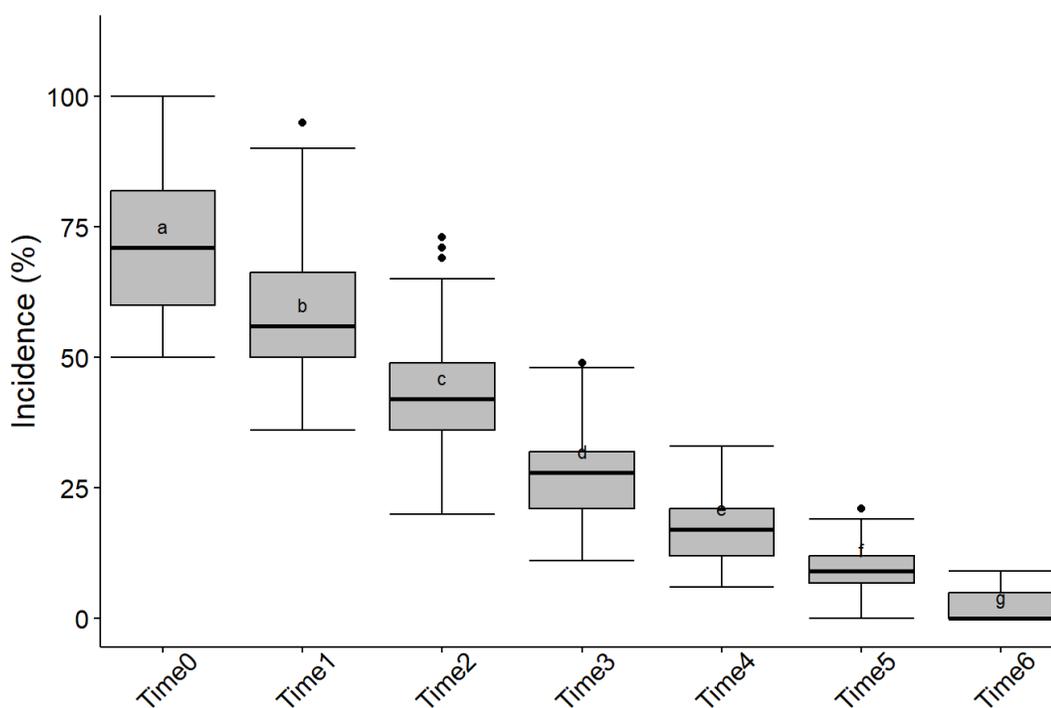
Los grupos que no comparten una letra en común tienen una diferencia media que es estadísticamente significativa.



**Figura 8.** Gráfica de patogenicidad de fórmulas biológicas (*B. peruviansis* + *Metarhizium sp.*) a las 72 horas de aplicación del caldo entomopatígeno.

## II. Fase de Campo

En la figura 9, los resultados indican que en la evaluación inicial (Ev- 0) la incidencia de broca es alta con un porcentaje de 74.70%. Sin embargo, en la cuarta evaluación (Ev – 4) el T4 con un porcentaje de incidencia de 9,83% respecto a la evaluación inicial, la incidencia de la broca del café se ha reducido en un 58,4%, a los 112 días de haber aplicado las formulaciones (aplicación cada 21 días). A menor porcentaje de incidencia, mayor efectividad de la formulación.

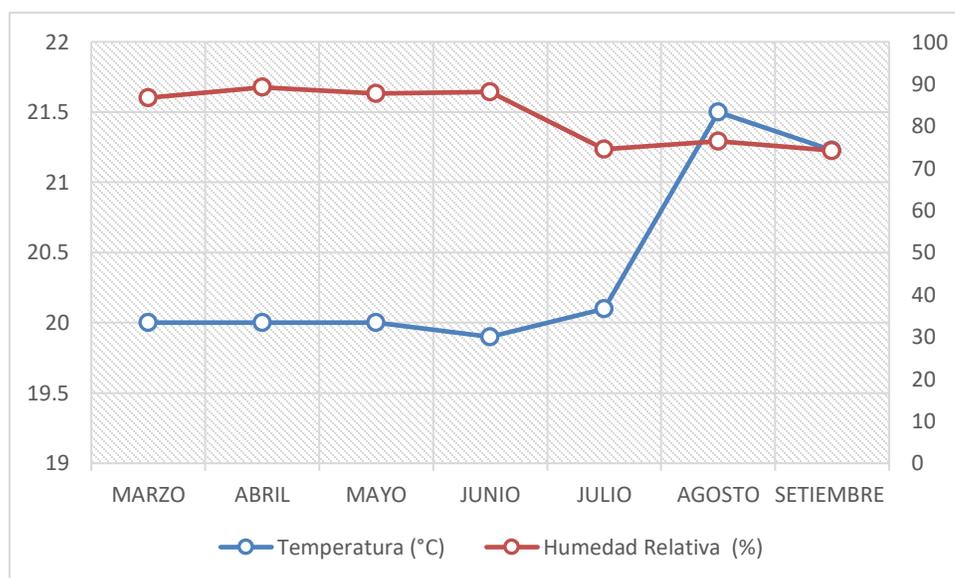


**Figura 9.** Gráfico de incidencia de broca del café, controlada por fórmulas biológicas (a base de *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.), en función al tiempo de evaluación. (Ev-0 = Evaluación inicial; Ev-1= primera evaluación, Ev-2 = segunda evaluación; Ev-3 = tercera evaluación; Ev-4 = cuarta evaluación; Ev-5 = quinta evaluación y Ev-6 =sexta evaluación)

a) **Condiciones ambientales.**

- **Temperatura y humedad relativa**

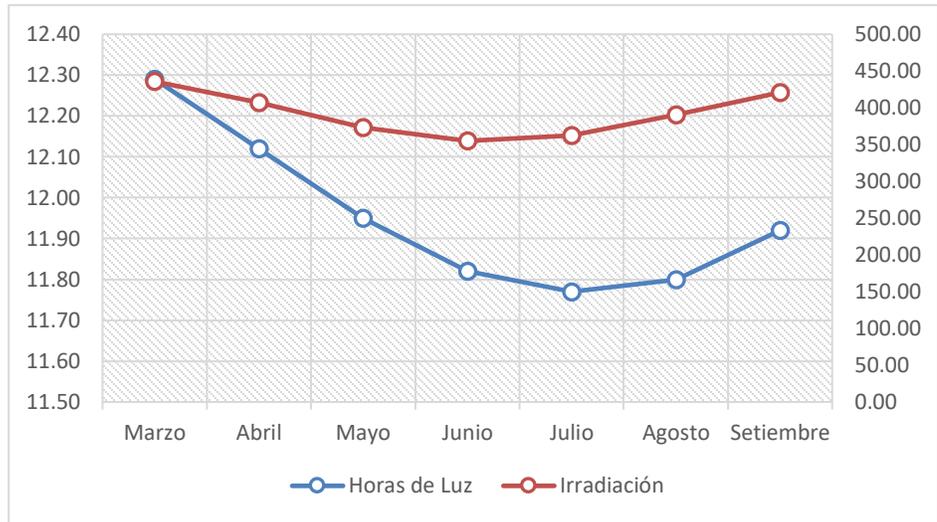
Las condiciones ambientales de la parcela de investigación reportan temperatura máxima promedio en el mes de agosto con 21, 5°C y su temperatura mínima promedio en el mes de junio con 19, 9°C. Respecto a la humedad relativa máxima promedio se dio en el mes de abril con 89,2% y la humedad relativa mínima promedio en el mes de setiembre con 74,2 %. Periodo marzo – setiembre. (Figura 10)



**Figura 10.** Gráfica de temperatura y humedad relativa ambiental del distrito de Huambo (lugar del experimento). Periodo marzo- setiembre 2021.

- **Horas luz e Irradiación solar**

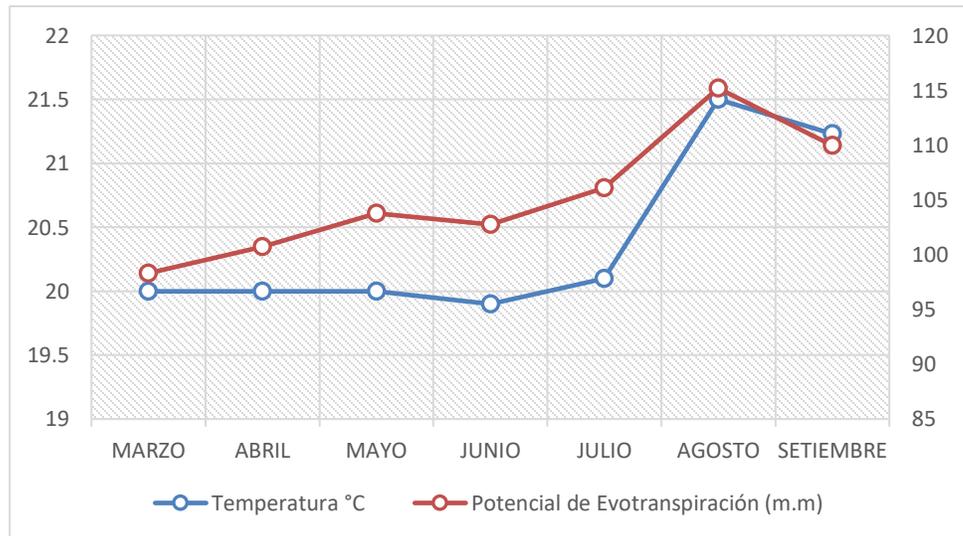
Durante el tiempo de evaluación del experimento (Figura 11, en la gráfica se aprecia que en el mes de marzo se tuvo 12,29 horas luz máxima promedio e irradiación solar máxima promedio de 435,82 W/m<sup>2</sup> (vatios por metro cuadrado). 11,8 horas luz mínima promedio para el mes de agosto e irradiación solar mínima promedio de 355 W/m<sup>2</sup>. Periodo marzo- setiembre.



**Figura 11.** Gráfica de horas luz e irradiación solar durante el periodo marzo – setiembre 2021.

- **Potencial de Evo transpiración**

Durante el tiempo de evaluación del experimento (Figura 12), en la gráfica se aprecia que, en el mes de agosto se tuvo la máxima temperatura promedio con 21,5 °C y el potencial de evotranspiración ambiental media por mes de 115,2 mm (milímetros por unidad de tiempo). Periodo marzo – setiembre.



**Figura 12.** Gráfica de potencial de evotranspiración (ETP) ambiental media por mes, durante los meses de evaluación del experimento. Periodo marzo- setiembre del año 2021.

**b) Evaluación del rendimiento físico del café.**

En la Tabla 10, muestra como resultado que, las formulaciones aplicadas en los tratamientos si repercuten en el rendimiento físico del café, puesto que los resultados oscilan entre 50 % y 57% donde los grupos que no comparten una letra en común tienen una diferencia media que es estadísticamente significativa.

**Tabla 10.** Rendimiento físico del café, según tratamientos aplicados (Fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.).

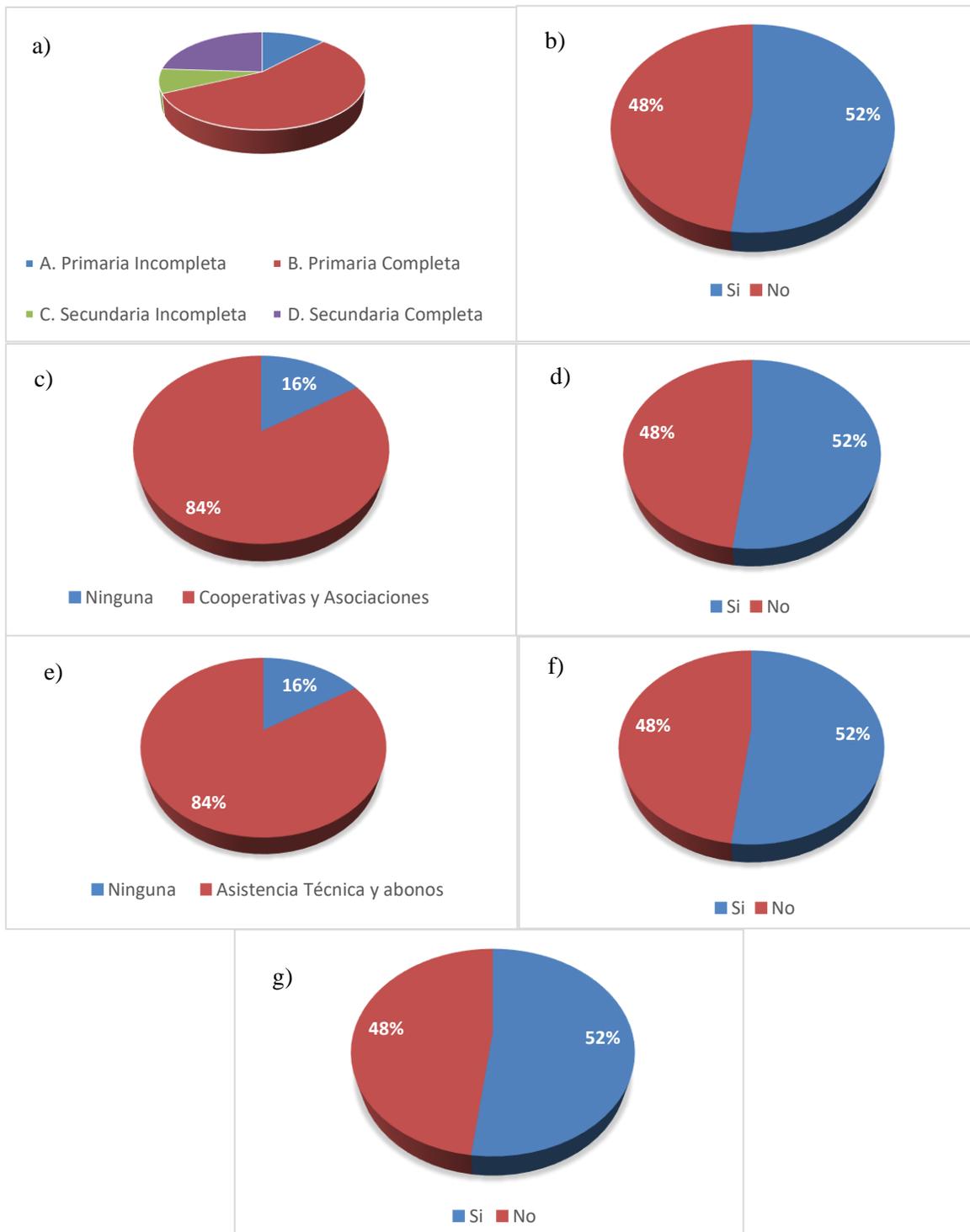
<b>Tratamiento</b>		<b>Medias</b>	<b>E.E.</b>		
4	57,35	0,41	A		
1	56,36	0,41	A	B	
2	55,29	0,41		B	
3	55,24	0,41		B	
5	53,90	0,41			C
6	52,70	0,41			D

**3.2. Potencial de la fórmula (*B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.), como controladores biológicos de *H. hampei* para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.**

De las encuestas aplicadas a 25 productores cafetaleros del distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Factores sociales:**

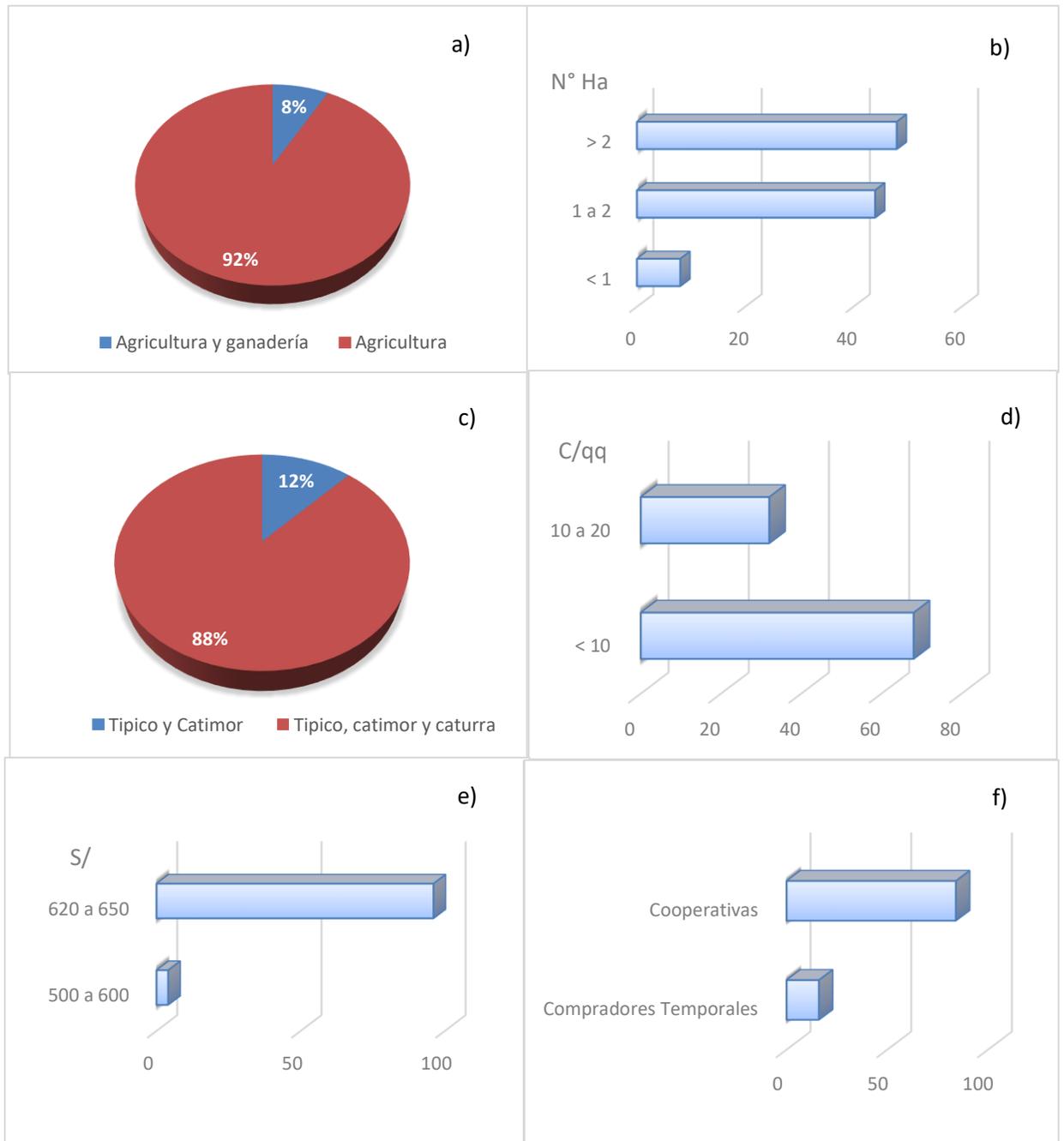
Respecto a los factores sociales la gráfica “a)” indica que, el 12% de encuestados tienen primaria completa, el 56% tienen primaria incompleta, el 8% tienen secundaria incompleta y el 24% tienen secundaria completa. Por otro lado, en las gráficas “b), d), f) y g)”, los resultados indican que el 52% de los productores si pertenecen a una organización, reciben apoyo por parte del estado, reciben capacitaciones y les brindan asistencia técnica, mientras que un 48 % no reciben estos beneficios. Las gráficas “c) y e)” muestran que el 84% de productores pertenece al menos a alguna Asociación o Cooperativa recibiendo asistencia técnica y abonos, mientras que el 16% no pertenece a ninguna de estas y no recibe ningún tipo de beneficio. (Figura 13)



**Figura 13.** Gráfica de las encuestas aplicadas, respecto a factores sociales. *a) Grado de instrucción de los productores; b) ¿Pertenece a alguna organización productiva?; c) ¿Tipo de organización productiva a la que pertenece?; d) ¿Reciben apoyo por parte del estado?, e) ¿Tipo de apoyo que recibe?; f) ¿Reciben Capacitación? y g) ¿Reciben Asistencia Técnica?*

### **3.2.1. Factores Económicos:**

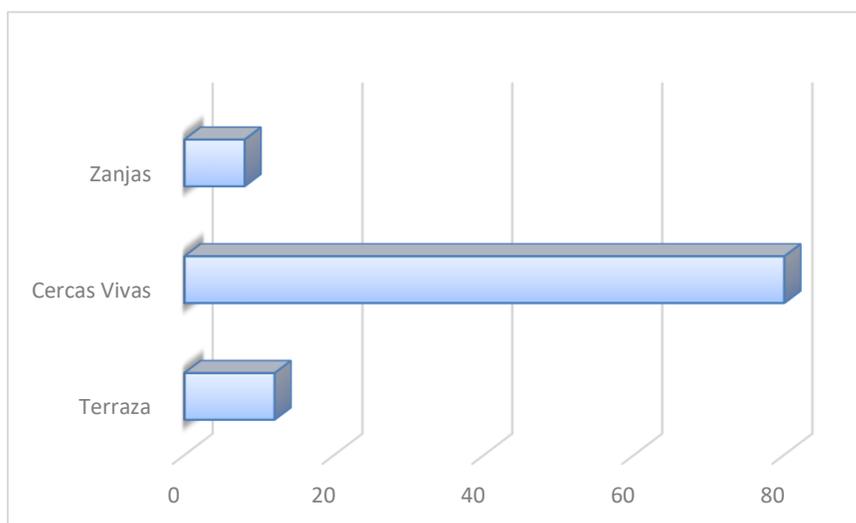
Respecto a los factores económicos en la gráfica “**a**)” el 92% de los agricultores se dedica netamente a la actividad agrícola y el 8% a la agricultura y ganadería. En la gráfica “**b**)” el 48% de los productores posee más de 2 hectáreas de café en producción. En la gráfica “**c**)” el 88% de los productores siembra café de variedad típico y catimor. En la gráfica “**d**)” el 68% de productores cosechan menor a 10 quintales. En la gráfica “**e**)” se indica que el 96% de los productores en el año 2021 lograron vender su café entre S/ 620 y S/ 650 soles. Finalmente, en la gráfica “**f**)” muestra que el 84% de productores vende su café a cooperativas o centros de acopio (Figura 14).



**Figura 14.** Gráfica de las encuestas aplicadas, respecto a factores económicos. **a)** ¿Cuál es la actividad principal a la que se dedican?; **b)** ¿Número de hectáreas que poseen? **c)** ¿Variedad de café que poseen?; **d)** ¿Cosecha de café por quintales?; **e)** ¿Precio de venta? y **f)** ¿Centro de acopio del café?

### Factores Ambientales:

Respecto a los factores ambientales, el 100% de los productores poseen fincas de producción orgánica y realizan prácticas de conservación de suelos. Según la gráfica, el 78% de ellos utiliza cercas vivas, el 14% utiliza terrazas y el 8% realiza zanjas de infiltración. Por otro lado, el 100% de los productores mediante el control cultural reduce la proliferación de malezas y manejan sus desechos a través del reciclaje y compostaje. Pero a su vez, mencionan que por el momento no existen organizaciones con fines de cuidar los recursos naturales en la zona (Figura 15).



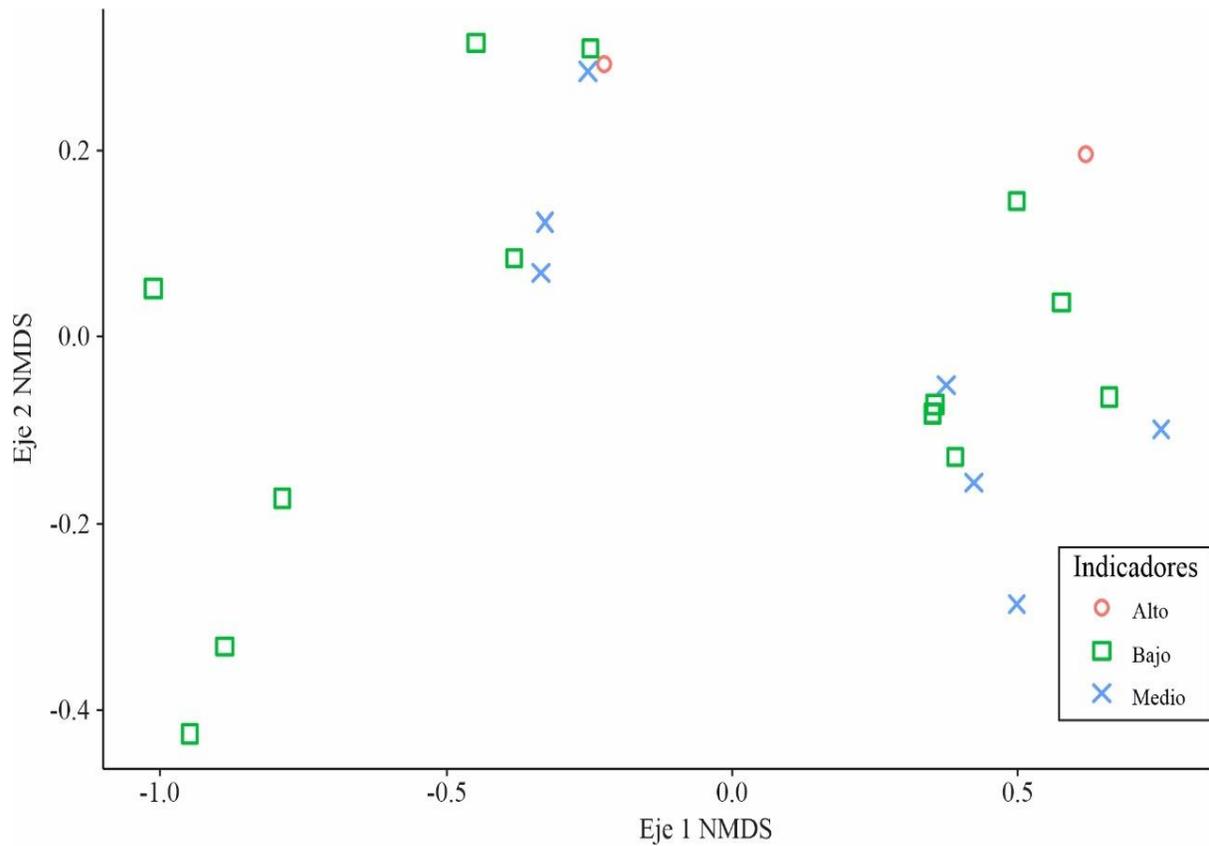
**Figura 15.** Gráfica de resultados de Factores Ambientales: *¿Qué práctica de conservación de suelos, realizan?*

### Factores de Manejo y control biológico de la broca:

En lo que respecta al manejo y control biológico de la broca del café, los resultados aducen que: El 100% de los productores conoce al insecto, los daños que ocasiona al cultivo y consideran que el ataque de la plaga es severo en la zona. Por otro lado, mencionan que para el control de la plaga utilizan trampas etológicas. Sin embargo, consideran que el control biológico es el método de control más amigable con el medio ambiente, pero aclaran que no conocen a los microorganismos entomopatógenos como *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp. Razón por la cual ellos no utilizan estos microorganismos como parte del control biológico para intervenir en el

ataque del insecto. Al mismo tiempo hacen referencia que si estarían dispuestos a hacer uso continuo del control biológico, como parte del manejo integrado de plagas para el control de la broca del café, pero que estos microorganismos no son de fácil acceso en la zona. Además, indican que estarían dispuestos a pagar su precio del producto siempre y cuando sea eficiente con el fin único de controlar la broca del café.

En la figura 16, el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) muestra que las 25 personas encuestadas del distrito de Huambo, fueron separados de acuerdo a sus factores socioeconómicos personales, en comparación con el costo a pagar (precios altos S/ 30 - 40, medios S/ 25 - 30 y bajo S/ 10 - 20) por el producto final (fórmula biológica) para el manejo del control biológico de la broca del café y manejo sostenible de sus fincas cafetaleras. Debido a las distancias euclidianas mostradas en la figura, sea duce que al productor cafetalero le da lo mismo pagar un precio medio, alto o bajo por la compra de la fórmula biológica, sin importar las condiciones socioeconómicas.



**Figura 16.** Operación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), que muestra la afinidad relativa de 25 personas encuestadas en función de sus 34 factores socioeconómicos, para costear la fórmula biológica, para el control de la broca del café y el manejo sostenible de fincas cafetaleras del distrito de Huambo, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.

### III. DISCUSIÓN

#### 4.1. Patogenicidad de cepas entomopatógenas *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp., en laboratorio.

Existen diversos estudios que revelan la patogenicidad de cepas entomopatógenas de *Metarhizium anisopliae*, inoculados en garrapatas (*Rhipicephalus*), mosca del melón (*Zeugodacus cucurbitae*), psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* *Kuwayama*), langostas, en entre otras. Pero los estudios más frecuentes son realizados en *H. hampei*.

Samuels et al., (2002), mostraron resultados de patogenicidad a los 3,4 días (concentración de  $1 \times 10^7$  conidios/mL). Padilla et al., (2000) obtuvieron como resultados de patogenicidad de 50 aislados de *Metarhizium anisopliae*, con concentraciones de ( $4,4 \times 10^7$  esporas/mL), patogenicidad del 80% y 90 % a los 5 días de inoculación. Reyes et al., (2006), en su investigación de aislados de *Metarhizium anisopliae*, para el control de (*H. Hampei*) obtuvieron resultados de patogenicidad del 60 y 80% a los 4.5 días de inoculación. (Leger et al., 1988) en su investigación identificaron tres cepas más virulentas, con (60,7%, 68,4% y 70,2 % respectivamente) de patogenicidad de sus mejores cepas Ma3, Ma4 y Ma5, bajo concentraciones de  $6,7 \times 10^7$  conidios/ ml de suspensión a los 6 días de aplicación. Mientras que en esta investigación la patogenicidad de cepas entomopatógenas del género *Metarhizium* sp., M17, M15 y M2 son eficientes para el control de la broca del café con 100% de mortalidad, a los 3 días de inoculación con caldo de esporas ( $1 \times 10^7$  conidios/ml). Lo cual se basa en las características que son propias del patógeno *Metarhizium* sp., ya que tiene la capacidad de sintetizar enzimas extracelulares que pueden degradar polímeros de la cutícula (proteínas, lípidos y quitina) (Leger et al., 1988). Liberando la toxina destruxina causando parálisis tetánica y muerte en el insecto (Velez, et al., 2000). Además, afecta la encapsulación y la fagocitosis reduciendo la expresión de péptidos antimicrobianos de los insectos y el estrés oxidativo en las células e inhiben la tasa de secreción de fluidos en los tubos de Malpighi (Franco et al., 2011). Por lo tanto, la patogenicidad de cepas de hongos es una característica relevante en la selección de aislamientos con fines de control biológico, ya que presentan numerosas

funciones entomopatogénicas, entre ellas la más relevante es la capacidad de actuar como antagonistas de enfermedades de las plantas (Steve et al., 2018).

Torres et al., (2016), obtuvo esa data como resultados de efectividad patogénica del 100% a los 6 días, (concentración de  $1 \times 10^7$  conidios mL). Cárdenas et al., (2007) muestran como resultado de patogenicidad del 100% y 53,3% a los 6 días de inoculación (concentración de  $1 \times 10^6$  conidios mL). Igual que, Gonzáles et al., (1993) obtuvo como resultados 100% y 88,8% de patogenicidad a los 4 y 3 días respectivamente (concentración de  $1 \times 10^7$  conidios mL). Por otro lado, Vilchez García, (2019) obtuvo resultados de patogenicidad de 88,89% y 92,55% a los 7 días (concentración de  $1 \times 10^7$  conidios mL). Pero, en esta investigación se reportaron patogenicidad del 100%, 97%, 90%, 80%, 77% y 65% a los 5 días de inoculación con caldo de esporas de *B. peruviansis* (concentración de  $1 \times 10^7$  conidios mL). Cabe resaltar que las diferencias de los resultados obtenidos de patogenicidad dependen de las cepas procedentes de distintos lugares donde fueron colectados y las condiciones ambientales donde se ejecutó el experimento. La incidencia del hongo *Beauveria bassiana* sobre la broca del café varía de un país a otro, dependiendo de los factores edafoclimáticos y las condiciones ambientales (Gonzáles et al., 1993).

#### **4.2. Eficacia de fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium sp.*, en laboratorio y en campo.**

Jaramillo et al., (2015), mostraron resultados de patogenicidad de combinación de cepas entomopatógenas (*B. bassiana* + *M. anisopliae*) obteniendo resultados en laboratorio del 91% y 94% de patogenicidad. Mientras que en campo la eficacia del tratamiento oscila entre el 18% y el 47% disminuyendo la población de *H. hampei* en un 40%. Sin embargo, en esta investigación se encontraron resultados de patogenicidad entre 80% y 100% de las fórmulas biológicas a nivel de laboratorio. Mientras que, en campo los tratamientos de la fórmula biológica a base de (*B. peruviansis* y *Metarhizium sp.*), la eficacia oscila entre el 9,8% y 19,6% reduciendo la incidencia inicial de (*H. hampei*) en un 58,4% a los 112 días de haber aplicado el

caldo entomopatógeno. Los microorganismos entomopatógenos utilizados para el control del insecto de forma independiente (*B. bassiana* y *M. anisopliae*), debido a su baja virulencia, muerte lenta y el uso de grandes inóculos para el control del insecto, son factores importantes que al ser manipulados limitan el uso continuo de estos patógenos (Ripoll et al., 2008). *Metarhizium* sp., un hongo mitospórico de reproducción asexual que presenta la fase infectivo celular y la fase saprófita, al tener contacto con el insecto. Las esporas germinan y el micelio produce la toxina destruxina que causan la muerte al huésped en cuestión de 2 a 4 días (Castillo Zeno, 2006). Los síntomas de la enfermedad en el insecto son la pérdida de sensibilidad, movimientos descoordinados y parálisis, además momifica al insecto y después de parasitarlos puede permanecer colonizando el cadáver por un periodo relativamente largo (aproximadamente tres meses en los diferentes tipos de suelo) (Ríos et al., 2020). Por otro lado, *Beauveria* sp., es un hongo ascomiceto mitospórico que presenta la fase patogénica y la saprofítica (Castrillo et al., 2020). Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos ocasionando la muerte del insecto al cabo de 1 a 3 días (Wraight et al., 2021). Es por ello que si usamos ambos hongos entomopatógenos (*Beauveria* sp., y *Metarhizium* sp.), pueden atacar en diversas fases de desarrollo del insecto, siendo el mecanismo de infección por penetración de tegumento del insecto, eso quiere decir que si combinamos ambas especies tenemos un mejor control del insecto *H. hampei* (Jaramillo et al., 2015) Además, ambas especies no ocasionan daño al medio ambiente y tampoco al ser humano al momento de manipulación por el uso de control biológico (Padilla et al., 2000). Cabe resaltar que, aunque la patogenicidad es un parámetro importante a la hora de seleccionar agentes de control biológico eficaz, no es el único parámetro para evaluar la utilidad potencial de los patógenos fúngicos. Algunos estudios incluyen otras variables, por ejemplo, la distribución de la mortalidad diaria, la CL50, la duración de las fases patogénica y saprogénica, y la producción de esporas por insecto infectado (Omar et al., 2021). Dicho esto, es necesario realizar bioensayos en condiciones de laboratorio y aplicaciones de campo para comprender plenamente los efectos de las cepas fúngicas naturales y bajo condiciones

controladas. Estas variables también facilitan la evaluación de las implicaciones medioambientales y económicas de la liberación de hongos entomopatógenos.

#### **4.3. Potencial de la fórmula (*B. peruviansis* + *Metarhizium* sp.), como controladores biológicos de *H. hampei* para el manejo sostenible de fincas cafetaleras, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.**

Los aspectos socioeconómicos, la productividad agrícola, la biodiversidad, el uso de la tierra y uso del agua, interrelacionados ayudan al desarrollo de sistemas de producción agrícola sostenible (Lerner et al., 2021). En su investigación Anh et al., (2019), utilizando como herramientas las observaciones de campo y entrevistas a informantes obtuvieron como resultado que los agricultores optan por instalar cultivos sostenibles, debido a los beneficios económicos. Byrareddy et al., (2019) en su investigación recopiló datos de encuestas anuales de 798 fincas cafetaleras, entre el 2008 y 2017. Donde los resultados mostraron que, los agricultores de Vietnam aplicaron cantidades desequilibradas de fertilizantes químicos, mientras que los agricultores indonesios aplicaron cantidades muy inferiores a las recomendadas, amenazando así la sostenibilidad del cultivo de café. (Leiva Espinoza, 2016) en su investigación identificó la caracterización socioeconómica del productor cafetalero del distrito de Huambo, donde obtuvo como resultados que; el uso de *Beauveria bassiana*, como control biológico, permitió la reducción de al menos un 20% de incidencia del daño del insecto, la mayoría de las fincas cafetaleras (91,7%) alcanzan niveles de sostenibilidad (6,06) influenciados mayormente por los indicadores de la eficiencia del manejo integrado de la broca del café (7,66). En esta investigación se recopiló información de productores del distrito de Huambo, donde los resultados muestran que el impacto de las características socioeconómicas de los productores cafetaleros de esta zona, no repercute en el uso y la compra del producto (Fórmula biológica a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.) para el manejo del control biológico de la broca del café *H. hampei*, como alternativa de control de la plaga más devastadora de esta zona, ya que este insecto al perforar los frutos de la planta provoca la reducción del peso de los granos (Bueno & Taniwaki, 2020). De esta manera se logra que el

control biológico sea utilizado y accesible para los agricultores bajo una visión del manejo sostenible de fincas cafetaleras. Recalcando que la agricultura sostenible es más rentable que la convencional, a pesar de la significativa diferencia en la producción, en consecuencia, la producción sostenible no solo ofrece un producto de mejor calidad, sino también aumento de beneficios, un mejor acceso al mercado y mayores ingresos para los agricultores (Hajjar et al., 2019),

#### IV. CONCLUSIÓN

La identificación del nivel de patogenicidad en laboratorio de cepas del hongo entomopatógeno del género *Metarhizium* sp., mostraron como resultado que los tratamientos M7, M15 y M2 son altamente eficientes para el control de la broca del café *H. hampei* con 100% de patogenicidad, a las 72 horas de inoculación con caldo de esporas de *Metarhizium* sp, sin embargo existen otros tratamientos como M14, M4, M8 y M18 (con 96%, 86%, 76% y 60% respectivamente) que presentan un nivel de patogenicidad del 60 y 90%, lo cual indica que a pesar de no haber alcanzado el 100% de patogenicidad también son eficientes, razones que permiten ser consideradas para poder elaborar la fórmula biológica u otros estudios de investigación.

Para la patogenicidad de cepas entomopatógenas de *B. peruviansis*, los tratamientos T20, T8 y T3 reportan resultados del 100% de patogenicidad (a los 7 días de haber infestado con el caldo de entomopatógeno). Sin embargo, los tratamientos T4, T6, T17 y T13 (con 97%, 90%, 77% y 70% respectivamente), lo cual indica que son cepas con condiciones relevantes de patogenicidad, para ser consideradas para próximos trabajos.

La eficacia de las fórmulas biológicas a base de *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp. en laboratorio elaboradas para el control biológico se determinó mediante el nivel de patogenicidad de las formulaciones, donde nos muestran como resultados que, los valores de todas las formulaciones oscilan entre el 80% a 100% de mortalidad de individuos de la broca del café *H. hampei*, indicando que todas son altamente eficientes, sin embargo, los tratamientos T14 y T18 (ambos con 82% de patogenicidad) son los que muestran los valores más bajos en comparación con los tratamientos T1, T2, T3 y T5 que son los que presenta alto nivel de patogenicidad de 100%. Resultados obtenidos durante las 72 horas de aplicación del producto. Sin embargo en campo la eficacia de las fórmulas biológicas, se determinó mediante evaluaciones de incidencia del insecto en plantaciones de café, donde nos muestran como resultados que, todas las formulaciones son altamente eficientes, sin embargo, la reducción de incidencia de la plaga se nota claramente a partir de la cuarta evaluación donde el T4 fue el más eficiente logrando reducciones de incidencia de la broca del café de 9,8% y el tratamiento T6 con 19,6% de incidencia, siendo este el menos eficiente. Cabe resaltar que las formulaciones aplicadas en campo en comparación con la evaluación de la incidencia inicial de la broca del café con 77,67% en fincas cafetaleras del distrito de Huambo, son altamente eficientes.

El 100% de los productores encuestados (25 personas), prefiere utilizar los microorganismos entomopatógenos para controlar el insecto a través del control biológico, ya que este es amigable con el medio ambiente. Sin embargo, mencionan que desconocen del uso de estos microorganismos entomopatógenos, ya que son difíciles de adquirir el producto como tal (Fórmula biológica) y que ellos estarían dispuestos a pagar su precio del producto siempre y cuando se eficiente y tenga un sello de garantía. Cabe resaltar que, el uso de hongos entomopatógenos es indispensable para el manejo de fincas cafetaleras orgánicas debido a que no tiene efectos peligrosos a favor del medio ambiente, siendo estos entomopatógenos una alternativa de reemplazo a los insecticidas sintéticos que pueden controlar la broca del café, ya sea como fórmula biológica o de manera independiente.

## V. RECOMENDACIÓN

Se recomienda:

- Caracterización de cepas entomopatógenas aisladas del género *Metarhizium* sp, probando diversos medios de cultivo nutritivos en condiciones de laboratorio, con la finalidad de disminuir el tiempo de propagación para posteriores investigaciones.
- Propagar la fórmula biológica (producto elaborado a base *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.) con nivel de patogenicidad eficaz en laboratorio corroborado en campo, para que sea distribuida a nivel de la región Amazonas y que este producto se encuentre al alcance de la comunidad cafetalera para poder contribuir a la sostenibilidad de fincas cafetaleras, mediante el incentivo del uso del control biológico, el cual es amigable con el medio ambiente.
- Probar la eficacia de la formula biológica (producto elaborado a base *B. peruviansis* y *Metarhizium* sp.) en las diferentes zonas cafetaleras de todo el Perú, para probar la eficacia del producto en diferentes pisos altitudinales y condiciones ambientales.
- Incentivar a investigadores a realizar más ensayos respecto al control biológico con cepas nativas entomopatógenas de *Metarhizium* sp., mediante ensayos de bio control en otras especies de insectos plaga en los diferentes cultivos de importancia económica para la región Amazonas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). *The Value of the Dry Substitutes for Liquid Lime*. Journal of Economic Entomology, 18, 265–267.
- Acuña Jiménez, M., García Gutiérrez, C., Rosas García, N. M., López Meyer, M., & Saíz Hernández, J. C. (2015). *Formulación de Metarhizium anisopliae (Metschnikoff) sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra Heliothis virescens (Fabricius)*. Int. Contaminación Ambiental, 31(0), 219–226.
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2002). *Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 0(0), 17–24.
- Anh, N. H., Bokelmann, W., Nga, D. T., & Van Minh, N. (2019). *Toward sustainability or efficiency: The case of smallholder coffee farmers in Vietnam*. Economies, 7(3), 1–25. <https://doi.org/10.3390/economies7030066>
- Aristizábal, L., Bustillo, A., & Arthurs, S. (2016). *Integrated pest management of coffee berry borer: Strategies from latin america that could be useful for coffee farmers in Hawaii*. Insects, 7(1), 11–14. <https://doi.org/10.3390/insects7010006>
- Arribas, M. (2004). *Diseño y validación de cuestionarios*. In Matronas Profesión (Vol. 5, Issue 17, pp. 23–29).
- Avila Sosa, O. (2010). *Control de broca del café (Hypothenemus hampei) utilizando once cepas del hongo Beauveria bassiana y el nematodo Heterorhabditis bacteriophora*. Tesis de Postgrado.
- Bamisope Steve, B., Chandra Kanta, D., Komivi Senyo, A., Ravindran, K.,

- Oluwatoyin Grace, A., Mubasher, H., Muhammad, Q., & Liande, W. (2018). *Prospects of endophytic fungal entomopathogens as biocontrol and plant growth promoting agents: An insight on how artificial inoculation methods affect endophytic colonization of host plants*. *Microbiological Research*, 217(August), 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.08.016>
- Bueno De Rezende, J., & Taniwaki, M. H. (2020). *Coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae): An opening for fungi and toxins?* *Coffee Science*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.25186/V15I1.1751>
- Bustamante, D. E., Oliva, M., Leiva, S., Mendoza, J. E., Bobadilla, L., Angulo, G., & Calderon, M. S. (2019). *Entomopathogenic genus Beauveria*. 68, 47–68. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.58.35764>
- Byrareddy, V., Kouadio, L., Mushtaq, S., & Stone, R. (2019). *Sustainable production of robusta coffee under a changing climate: A 10 - year monitoring of fertilizer management in coffee farms in Vietnam and Indonesia*. *Agronomy*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy9090499>
- Campera, M., Budiadi, B., Adinda, E., Ahmad, N., Balestri, M., Hedger, K., Imron, M. A., Manson, S., Nijman, V., & Nekaris, K. A. I. (2021). *Fostering a wildlife-friendly program for sustainable coffee farming: The case of small-holder farmers in Indonesia*. *Land*, 10(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/land10020121>
- Cañedo, Verónica, & Ames, T. (2004). *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. <https://doi.org/cip@cgiar.org>, [www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)
- Cañedo, Verrónica, & Ames, T. (2004). *Manual de Laboratorio para el manejo de*

*Hongos Entomopatógenos* (Vol. 0, Issue 0).

Cárdenas, A., Villalba, D., Bustillo, Á., Montoya, E., & Gongora, C. (2007). *Eficacia de mezclas de cepas del hongo Beauveria bassiana en el control de la broca del café*. *Revista Colombiana de Entomología*, 45(4), 95–104.

Castaño, A., Benavides, P., & Baker, P. S. (2005). *Dispersión de Hypothenemus hampei en cafetales zoqueados*. *Cenicafé*, 56(2), 142–150.

Castillo Zeno, S. (2006). *Uso de Metarhizium anisopliae para el control biológico del salivazo (Aeneolamia spp. y Prosapia spp.) en pastizales de Brachiaria decumbens en El Petén, Guatemala*. 78.

Castrillo, L. A., Wraight, S. P., Galaini Wraight, S., Matsumoto, T. K., Howes, R. L., & Keith, L. M. (2020). *Genetic diversity among naturally-occurring strains of Beauveria bassiana associated with the introduced coffee berry borer, Hypothenemus hampei, (Coleoptera: Curculionidae) on Hawai'i Island*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 175(August), 107456. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107456>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza - CATIE. (2008). *Producción y uso de hongos entomopatógenos*. In *Fundación para el desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua*. <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0949e/A0949e.pdf>

Cure, J. R., Rodríguez, D., Gutierrez, A. P., & Ponti, L. (2020). *The coffee agroecosystem: bio-economic analysis of coffee berry borer control (Hypothenemus hampei)*. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12.

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-68989-x>

Elósegui Claro, O., & Elizondo Silva, A. I. (2010). *Eficacia de mezclas de cepas del hongo Beauveria bassiana en el control de la broca del café*. Fitosanidad, 14(0), 102–109.

Gámez, N. (2012). Fundamentos y aplicaciones del análisis de correspondencia difuso. 5(1).

Gerónimo Torres, J., Torres de la Cruz, M., Pérez de la Cruz, M., De la Cruz Pérez, A., Ortiz garcía, C., & Cappello García, S. (2016). *Caracterización de aislamientos nativos de Beauveria bassiana y su patogenicidad hacia Hypothenemus hampei, en Tabasco, México TT - Characterization of native isolates of Beauveria bassiana and its pathogenicity to Hypothenemus hampei, en Tabasco, Mexico*. Revista Colombiana de Entomología, 42(1), 28–35. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882016000100006&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882016000100006&lang=pt)

Gómez, H., Soberanis, W., Tenorio, M., & Torres, E. (2013). *Manual de Producción y Uso de Hongos Antagonistas*. Senasa, 34.

Gómez, P., & Mendoza, J. (2001). *Guia para la producción de Metarhizium anisopliae*. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 45(2), 100.

Góngora, C., Marín, P., & Benavides, P. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la broca del café*. Avances Tencicos Cenifacfe, 16, 3–8. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/346>

Gonzáles, T. M., Posada, F., & Bustillo, A. (1993). *Bioensayo para evaluar la*

*patogenicidad de Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. sobre la broca del café, Hypothenemus hampei (Ferrari)*. Revista Colombiana de Entomología, 19(0), 123–130.

Hajjar, R., Newton, P., Adshead, D., Bogaerts, M., Maguire-Rajpaul, V. A., Pinto, L. F. G., McDermott, C. L., Milder, J. C., Wollenberg, E., & Agrawal, A. (2019). *Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil*. Journal of Cleaner Production, 206,124–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.102>

Hollingsworth, R. G., Aristizábal, L. F., Shriner, S., Mascarín, G. M., Moral, R. de A., & Arthurs, S. P. (2020). *Incorporating Beauveria bassiana Into an Integrated Pest Management Plan for Coffee Berry Borer in Hawaii*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00022>

Jaramillo, J. L., Montoya, E. C., Benavides, P., Carmenza, E., & Gongora, B. (2015). *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de broca del café en frutos del suelo*. Revista Colombiana de Entomología, 41(0), 95–104.

Jaramillo, J., Montoya, E., Benavides, P., & Góngora B, C. (2015). *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de broca del café en frutos del suelo*. Revista Colombiana de Entomologia, 41(1), 95–104.

Johnson, M. A., Ruiz diaz, C. P., Manoukis, N. C., Carlos, J., & Rodrigues, V. (2020). *Recent Invasions, and Future Priorities*.

Laboratorio de Entomopatógenos SCB - Senasa. (2014). *Manual de Producción y*

*Uso de Hongos Entomopatógenos* (Vol. 0, Issue 0).

Leiva Espinoza, S. (2016). *Sostenibilidad de las fincas cafetaleras a través del manejo integrado de la broca del café (Hipotenemus hampei) en el distrito de huambo, rodríguez de mendoza, amazonas*. UNTRM, 0(0).

León, & Montero. (1993). *Fases de una Encuesta por Muestreo*.

Lerner Grandisky, D., Freitas Pereira, H. M., Macchione Saes, M. S., & Magalhães de Oliveira, G. (2021). When unfair trade is also at home: *The economic sustainability of coffee farms*. *Sustainability Switzerland*, 13(3), 1–14.  
<https://doi.org/10.3390/su13031072>

Loaiza, W., Carbajal, Y., & Ávila, Á. J. (2014). *Evaluación Agroecológica de los Sistemas Productivos Agrícolas en la Microcuenca Centella (Dagua, Colombia)*. *Colombia Forestal*, 17(0), 161–179.

Monzon, A. (2001). *Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatogenos en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas*. *Costa Rica*, 63, 95–103.

Nilton, M. C., Rachel, B. da S., Paulina De Araújo, R., & Alvanir, G. (2002). *Ocorrência de Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. em broca-do - café (Hypothenemus hampei, ferrari) no estado de Rondônia, Brasil*. 32(3), 517–519.

Obando, A. J., Bustillo, A. E., Castro, U., & Mesa, C. N. (2013). *Selección de cepas de Metarhizium anisopliae para el control de Aeneolamia varia (Hemiptera: Cercopidae)*. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(0), 26–33.

- Omar, G., Ibrahim, A., & Hamadah, K. (2021). *Virulence of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae on different stages of the pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00447-w>
- Osorio Fajardo, A., & Canal, N. A. (2011). *Selección de Cepas de Hongos Entomopatógenos para el Manejo de Anastrepha obliqua (Diptera : Tephritidae) en Colombia*.
- Padilla Melo, G. N., Bernal Uribe, M. G., Vélez Arango, P. E., & Montoya Restrepo, C. (2000). *Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de Metarhizium anisopliae obtenidos de diferentes ordenes insectiles*. Cenicafe, 51(1), 28–40.
- Pava Ripoll, M., Posada, F. J., Momen, B., Wang, C., & St. Leger, R. (2008). *Increased pathogenicity against coffee berry borer, Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) by Metarhizium anisopliae expressing the scorpion toxin (AaIT) gene*. Journal of Invertebrate Pathology, 99(2), 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.05.004>
- Ren, K., Mou, Y., Ying, S., & Feng, M. (2021). *Conserved and Noncanonical Activities of Two Histone H3K36 Methyltransferases Required for Insect-Pathogenic Lifestyle of Beauveria bassiana*.
- Rienzo, J., Macchiavelli, R., & Casanoves, F. (2017). *Modelos Lineales Mixtos*. InfoStat.
- Ríos Da Silva, R., Vargas Flores, J., Sánchez Choy, J., Oliva Paredes, R., Alarcón

- Castillo, T., & Villegas Panduro, P. P. (2020). *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as compatible and efficient controllers of plague insects in aquaponic crops. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 419–426. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.14>
- Vélez A, P. A., Posada F, F. J., Marín M, P., Gonzáles G, M. T., & Bustillo P, A. E. (1997). *Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos*. *Cenicafé* (Issue 17, pp. 1–45).
- Vilchez García, G. K. (2019). *Evaluacion y Caracterizacion de cepas nativas de Beauveria spp. con potencial para el control de Hypothenemus hampei, colectadas de plantaciones comerciales de café*. Tesis de Pregrado.
- Wraight, S. P., Galaini Wraight, S., Howes, R. L., Castrillo, L. A., Griggs, M. H., Carruthers, R. I., Smith, R. H., Matsumoto, T. K., & Keith, L. M. (2021). *Efficacy of Beauveria bassiana strain GHA spray applications against coffee berry borer Hypothenemus hampei on Hawai'i Island*. *Biological Control*, 161 (August 2020), 104587. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104587>

## **VII. ANEXOS**

## ANEXO 1

### ENCUESTA PARA MEDIR FACTORES SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES EN FINCAS CAFETALERAS DE HUAMBO- RODRÍGUEZ DE MENDOZA



**Estimado/a productor/a:**

**Agradecemos mucho la voluntad de participar en este estudio y apreciamos su colaboración**

**Le reiteramos que:**

- 1. Esta encuesta está dirigida a productores de la cuenca media del río Utcubamba.**
- 2. Su participación es voluntaria.**
- 3. La información que nos proporcione es estrictamente confidencial.**
- 4. Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee.**
- 5. Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas**

Si a lo largo de la encuesta, tuviera alguna duda por favor háganoslo saber.

**Equipo de Investigación:**

- Segundo Manuel Oliva Cruz
- Lily del Pilar Juarez Contreras

Encuesta, agosto de 2021

## I. INFORMACIÓN EN GENERAL

Nombre del Encuestador: \_\_\_\_\_

Encuesta N° \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_

Distrito: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_

Codificador: \_\_\_\_\_

Digitador: \_\_\_\_\_

## II. DATOS GENERALES DE LA PERSONA ENCUESTADA

2.1. Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.2. ¿Cuál es su edad? \_\_\_\_\_

2.3. N° de integrantes por familia: \_\_\_\_\_

## III. FACTORES SOCIALES

2.3. ¿Qué nivel de instrucción tiene?

1= Analfabeto

2= Primaria Completa

3= Primaria Incompleta

4= Secundaria Completa

5= Secundaria Completa

2.4. La finca cafetalera que trabaja es:

1= De su propiedad

2= Arriendo

3= Compartida

2.5. ¿Pertenece usted a alguna organización productiva?

(No) (Si)

2.6. ¿A qué tipo de organización productiva pertenece?

1= Ninguna

2= Asociaciones cafetaleras.

3= Cooperativas y Asociaciones.

2.7. ¿Usted recibe apoyo por parte del estado?

(No) (Si)

2.8. ¿Qué tipo de apoyo recibe?

1= Asistencia técnica.

2= Donación de abonos y fertilizantes.

3= Ninguna

2.9. ¿Usted recibe capacitación?

(No) (Si)

2.10. ¿Usted recibe asistencia técnica?

(No) (Si)

## IV. FACTORES ECONÓMICOS

4.1. ¿Cuál es su actividad principal a la que se dedica?

1= Agricultura

2= Agricultura y Ganadería

3= Otras actividades

**3.2. Número de ha que posee:** \_\_\_\_\_.

**3.3. Variedades de café que posee su finca:**  
\_\_\_\_\_.

**3.4. ¿Cuántas cosechas de café obtiene al año?**

1= 1 cosecha al año

2= 2 cosechas al año

3= 3 cosechas al año

**3.5. ¿Cuántos quintales de café cosecha por Ha.**

1= Menor a 10 quintales

2= De 10 a 20 quintales

3= Mayor a 30 quintales

**3.6. ¿Cuál es el destino del café cosechado?**

1. Lo consume

2. Lo vende

3. Lo consume y lo vende

**3.7. ¿A cuánto lo vende el quintal de café?:**

1= S/ 500 - 600

2= S/ 620 - 650

3= S/ 660 a más

**3.8. ¿A quién lo vende su café?:**

1= Centros de acopio (COOPERATIVAS).

2= Comparadores Temporales.

3= No lo vende

## V. FACTOR AMBIENTAL

**4.1. ¿Su producción cafetalera es orgánica o química?**

1= Orgánica,

2= Química,

3= Química y orgánica.

**4.2. ¿Usted realiza prácticas de conservación de suelos?**

(No)

(Si)

**4.3. ¿Qué tipo de práctica conservación de suelos utiliza?**

1= Terraza.

2= Zanjas.

3= Cercas vivas.

4= Otros.

5= T.A

6= N.A

**4.4. ¿Cómo maneja el control de malezas dentro de su finca cafetalera?**

1= Control Químico.

2= Control Mecánico.

3= Control Cultural.

4= Control Manual

5= T.A

**5.1. ¿Usted realiza un manejo adecuado de desechos orgánicos e inorgánicos?**

(No)

(Si)

**¿Qué actividades realiza?**

- 1= Son arrojados a la fuente de agua más cercana.
- 2= Arrojadados a un basurero dentro de la finca.
- 3= Separación y realizan reciclaje y compostaje.

**5.2. ¿Existen organizaciones establecidas con fines de cuidar los recursos naturales?**

(No) (Si)

De ser "SI" la respuesta mencionar cuales:

\_\_\_\_\_

**VI. MANEJO Y CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ**

**6.1. ¿Conoce usted a la broca del café?**

(No) (Si)

**6.2. ¿Considera usted que la broca causa daño a los granos de café?**

(No) (Si)

**6.3. ¿Usted considera que su finca cafetalera presenta daños del fruto por el ataque de broca?**

(No) (Si)

**6.4. ¿Cómo controla a la plaga de la broca del café?**

1= Productos químicos.

2= Uso de trampas.

3= *Beauveria bassiana*.

**6.5. ¿Cuál de estos métodos de control, cree usted que es más amigable con el medio ambiente?**

1= Control químicos.

2= Control Biológico.

3= Control etológico.

4= Otros.

**6.6. Si usted tuviera que escoger para controlar la broca del café. ¿Cuál de estos métodos de control preferiría aplicar?**

1= Control químicos.

2= Control Biológico.

3= Control etológico.

4= Ningunos.

**6.7. ¿Conoce usted a los microorganismos del género *Beauveria* sp?**

(No) (Si)

**6.8. ¿Conoce usted a los microorganismos del género *Metarhizum* sp?**

(No) (Si)

**6.9. ¿Usted realiza aplicaciones con estos microorganismos para controlar la broca del café?**

(No) (Si)

**6.10. ¿Considera usted que, las compras de estos microorganismos son de fácil adquisición?**

(No)

(Si)

**6.11. ¿Usted aplicaría estos microorganismos para controlar la broca de su café?**

(No)

(Si)

**6.12. ¿Cuál es su disposición a pagar por la compra del producto?**

1= S/ 15 a S/ 20 Soles

2= S/ 25 a S/ 30 Soles

3= S/ 35 a S/ 40 Soles

GRACIAS!!

## ANEXO 2

### Codificación de cepas entomopatógenas del género *Metarhizum* sp.

N°	Nombre	Provincia	Distrito	Caserio	Ubicación		Altitud (msnm)	Variedad café	Código
					Este	Norte			
1	<b>Mamich02</b>	R. de Mendoza	Mariscal Benavides	Michina	221265	9292992	1565	Catimor	<b>M1</b>
2	<b>Long04</b>	R. de Mendoza	Longar	Longar	218471	9293560	1586	Catimor	<b>M2</b>
3	<b>COCH06</b>	R. de Mendoza	Cochamal	Cochamal	214885	9291139	1598	Catimor	<b>M3</b>
4	<b>Mira11</b>	R. de Mendoza	Huambo	Miraflores	220603	9287599	1661	Catimor	<b>M4</b>
5	<b>Naranja13</b>	R. de Mendoza	R. Mendoza	Naranja	223901	9291297	1592	Catimor	<b>M5</b>
6	<b>LP18</b>	R. de Mendoza	Totora	La Perla	228487	9281802	1757	Catimor	<b>M6</b>
7	<b>Milp20</b>	R. de Mendoza	Milpuc	Milpuc	230505	9280744	1662	Catimor	<b>M7</b>
8	<b>Chon22</b>	R. de Mendoza	Milpuc	Chontapampa	233125	9281689	1689	Catimor	<b>M8</b>
9	<b>Pm25</b>	R. de Mendoza	Omia	Pumamarca	238132	9281904	1614	Catimor	<b>M9</b>
10	<b>T27</b>	R. de Mendoza	Omia	Tuemal	232896	9286902	1431	Catimor	<b>M10</b>
11	<b>Dscr10</b>	R. de Mendoza	Huambo	Dos Cruces	218155	9289509	1645	Catimor	<b>M11</b>
12	<b>OL 1</b>	R. de Mendoza	Omia	Limón	234775	9285337	1391	Catimor	<b>M12</b>
13	<b>Ma01</b>	R. de Mendoza	Mariscal Benavides	Pilancon	222237	9293179	1585	Catimor	<b>M13</b>
14	<b>Puq08</b>	R. de Mendoza	Huambo	Puquio	215684	9288975	1588	Catimor	<b>M14</b>
15	<b>Tran14</b>	R. de Mendoza	Santa Rosa	Trancaguaico	224648	9287667	1729	Catimor	<b>M15</b>
16	<b>Milp19</b>	R. de Mendoza	Milpuc	Milpuc	229996	9281264	1656	Catimor	<b>M16</b>
17	<b>Gebil</b>	R. de Mendoza	Omia	Gebil	236088	9284363	1369	Catimor	<b>M17</b>
18	<b>M28</b>	R. de Mendoza	San Nicolas	Mito	231472	9288826	1478	Catimor	<b>M18</b>

**ANEXO 3**

<b>REPORTE DE PATOGENICIDAD DE 18 CEPAS DE <i>Metarhizium</i> sp. SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ</b>					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>REPETICIÓN</b>	<b>Registro de mortalidad en días de evaluación</b>		
			<b>24 h</b>	<b>48 h</b>	<b>72 h</b>
<b>1</b>	<b>T0 Testigo</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
		<b>II</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
		<b>III</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>Gebil TOR-M17</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
		<b>II</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
		<b>III</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>OI 1 SRR-M12</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
		<b>II</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
		<b>III</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Puq 08 PHR-M14</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
		<b>II</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
		<b>III</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Chon 22 CMR-M8</b>	<b>I</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
		<b>II</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
		<b>III</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Pm 25 POR-M9</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
		<b>II</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
		<b>III</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Mamich 02 MMR-M1</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
		<b>II</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
		<b>III</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Og 23 GOR-M19</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
		<b>II</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
		<b>III</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>

9	Mira 11 MHR-M4	I	1	4	9
		II	1	4	9
		III	2	4	9
10	Long 04 LLM-M2	I	1	3	7
		II	1	3	6
		III	2	4	8
11	Ma 01 PMR-M13	I	1	4	7
		II	0	4	9
		III	1	4	9
12	Tran 14 TSR-M15	I	1	1	9
		II	0	0	7
		III	1	4	9
13	Coch 06 CCR-M3	I	0	4	8
		II	2	3	9
		III	0	2	7
14	Milp 19 MMR-M16	I	2	4	10
		II	2	4	10
		III	1	4	9
15	T 27 TOR-M10	I	1	4	10
		II	1	4	10
		III	1	4	10
16	Lp 18 PTR-M6	I	0	1	7
		II	1	2	6
		III	2	2	8
17	M 28 MNR-M18	I	1	2	6
		II	1	4	10
		III	1	4	6
18	Dscr 10 DHR-M11	I	1	3	9
		II	0	2	5
		III	0	2	4
19	Milp 20 MMR-M7	I	1	3	10
		II	0	4	9
		III	0	0	5

## ANEXO 4

<b>REPORTE DE PATOGENICIDAD DE FÓRMULAS BIOLÓGICAS (<i>Beauveria peruvienis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.) SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ -</b>					
TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN	REPETICIÓN	Registro de mortalidad en días de evaluación		
			13/12/2020	14/12/2020	15/12/2020
			24 h	48 h	72 h
T1	P19+ GEBIL 10 <sup>8</sup>	I	6	10	10
		II	7	9	10
		III	6	9	10
		IV	6	9	10
		V	7	10	10
T2	P19+ GEBIL 10 <sup>7</sup>	I	7	10	10
		II	5	8	10
		III	6	8	10
		IV	6	8	10
		V	6	10	10
T3	P19+ GEBIL 10 <sup>6</sup>	I	6	9	10
		II	5	8	10
		III	5	9	10
		IV	7	10	10
		V	5	8	10
T4	P 19+ Milp19 10 <sup>8</sup>	I	5	7	10
		II	5	7	10
		III	4	8	9
		IV	4	6	9
		V	5	8	10
T5	P 19+ Milp19 10 <sup>7</sup>	I	5	8	10
		II	6	8	10
		III	5	7	10
		IV	5	8	10
		V	4	9	10
T6	P 19+ Milp19 10 <sup>6</sup>	I	5	9	10
		II	6	9	10
		III	4	7	9
		IV	4	8	9
		V	4	8	9
T7	P 19+ Ma 02 10 <sup>8</sup>	I	4	7	8
		II	6	9	10

		III	5	7	8
		IV	6	9	10
		V	5	9	9
<b>T8</b>	<b>P 19+ Ma 02 10(7)</b>	I	4	6	8
		II	5	9	10
		III	5	9	10
		IV	5	8	10
		V	6	9	10
<b>T9</b>	<b>P 19+ Ma 02 10(6)</b>	I	4	8	9
		II	4	8	8
		III	5	9	10
		IV	4	7	9
		V	4	8	9
<b>T10</b>	<b>P4+Gebil 10(8)</b>	I	5	9	10
		II	4	8	9
		III	5	7	9
		IV	4	7	8
		V	5	9	9
<b>T11</b>	<b>P4+Gebil 10(7)</b>	I	5	8	10
		II	5	10	10
		III	4	9	9
		IV	6	9	10
		V	6	10	10
<b>T12</b>	<b>P4+Gebil 10(6)</b>	I	5	9	10
		II	4	9	9
		III	6	8	10
		IV	6	8	10
		V	6	9	10
<b>T13</b>	<b>P4+ Milp 10(8)</b>	I	4	7	9
		II	4	7	8
		III	5	8	9
		IV	5	8	9
		V	5	9	9
<b>T14</b>	<b>P4+ Milp 10(7)</b>	I	4	7	6
		II	5	8	10
		III	4	9	9
		IV	5	9	10
		V	4	6	6
<b>T15</b>	<b>P4+ Milp 10(6)</b>	I	5	9	10
		II	5	8	10

		III	5	9	9
		IV	6	9	10
		V	7	9	10
<b>T16</b>	<b>P4+ Ma 02 10(8)</b>	I	6	9	10
		II	6	8	10
		III	5	8	10
		IV	5	8	10
		V	5	9	10
<b>T17</b>	<b>P4+ Ma 02 10(7)</b>	I	4	8	9
		II	5	9	10
		III	5	9	10
		IV	6	9	10
		V	5	7	8
<b>T18</b>	<b>P4+ Ma 02 10(6)</b>	I	3	6	7
		II	4	8	9
		III	5	8	9
		IV	4	7	8
		V	4	8	8

## ANEXO 4

<b>EFICACIA DE FÓRMULAS BIOLÓGICAS (<i>B. peruviansis</i> + <i>Metarhizium</i> sp.) – MATRIZ CAMPO</b>									
BLOQUE	TRATAMIENTO	PLANTAS	TIEMPO DE EVALUACIÓN						
			0	1	2	3	4	5	6
1	1	1	100	95	57	19	6	5	0
1	1	2	70	62	40	21	11	5	0
1	1	3	60	50	52	34	9	8	4
1	1	4	60	45	24	17	11	7	3
1	1	5	78	63	30	16	9	4	0
1	1	6	90	67	41	28	15	7	0
1	1	7	51	48	30	18	9	7	4
1	1	8	90	72	53	29	18	6	3
1	1	9	76	50	39	20	9	3	0
1	1	10	60	57	46	21	15	8	0
1	2	1	90	83	71	25	18	10	0
1	2	2	80	64	52	31	11	8	0
1	2	3	90	77	43	33	29	13	9
1	2	4	80	69	49	25	16	11	8
1	2	5	100	64	36	18	15	8	5
1	2	6	60	50	42	29	16	10	0
1	2	7	70	68	39	29	19	5	0
1	2	8	80	78	47	28	10	9	7
1	2	9	66	56	45	28	14	5	0
1	2	10	80	69	40	26	17	8	0
1	3	1	70	55	31	20	11	9	0
1	3	2	80	68	29	15	6	2	0
1	3	3	70	58	21	11	9	3	0
1	3	4	82	50	20	14	9	7	1
1	3	5	100	80	49	23	13	9	0
1	3	6	69	63	46	24	10	7	2
1	3	7	70	56	39	21	14	7	0
1	3	8	90	80	40	28	18	6	2
1	3	9	90	72	49	31	27	12	6
1	3	10	90	88	56	30	21	17	8
1	4	1	76	47	31	13	9	0	0
1	4	2	83	67	50	16	6	0	0
1	4	3	70	60	41	20	9	5	0

1	4	4	67	50	45	17	8	6	0
1	4	5	100	70	63	20	8	0	0
1	4	6	70	40	28	15	8	0	0
1	4	7	90	52	49	27	10	0	0
1	4	8	67	55	40	18	6	0	0
1	4	9	60	57	39	20	6	2	0
1	4	10	90	79	60	20	8	3	0
1	5	1	71	69	50	31	17	9	5
1	5	2	63	50	40	27	15	8	0
1	5	3	82	50	45	23	13	7	0
1	5	4	100	80	54	28	15	9	5
1	5	5	90	62	38	21	13	8	0
1	5	6	60	48	31	15	13	7	0
1	5	7	81	50	29	19	11	5	0
1	5	8	71	67	60	31	19	9	0
1	5	9	80	55	40	27	16	9	0
1	5	10	80	67	45	24	17	11	4
1	6	1	76	55	45	20	11	7	0
1	6	2	67	50	42	25	18	10	5
1	6	3	90	82	52	28	17	15	8
1	6	4	66	56	34	24	15	10	5
1	6	5	86	70	64	21	14	12	0
1	6	6	100	90	73	43	20	7	2
1	6	7	70	66	39	24	19	9	0
1	6	8	68	49	35	29	18	10	5
1	6	9	71	69	65	33	23	17	6
1	6	10	60	58	43	16	10	10	0
2	1	1	100	62	57	39	20	15	5
2	1	2	80	75	63	37	28	17	9
2	1	3	79	61	55	28	15	10	5
2	1	4	55	42	39	25	13	9	0
2	1	5	63	54	46	26	15	10	4
2	1	6	57	50	49	32	18	11	3
2	1	7	77	60	43	28	20	9	0
2	1	8	60	50	42	34	20	12	6
2	1	9	77	70	55	36	27	14	5
2	1	10	70	50	45	31	22	9	0
2	2	1	50	44	39	35	11	0	0
2	2	2	71	50	33	21	17	15	6
2	2	3	53	40	31	25	15	8	0
2	2	4	60	50	39	27	17	10	0

2	2	5	71	50	42	33	21	14	7
2	2	6	70	61	44	28	17	7	0
2	2	7	92	75	61	44	32	21	9
2	2	8	94	80	61	38	26	12	4
2	2	9	69	56	41	28	17	10	2
2	2	10	60	56	36	21	14	9	3
2	3	1	55	45	29	19	12	3	0
2	3	2	86	80	64	48	33	21	8
2	3	3	67	50	45	32	21	12	5
2	3	4	91	80	62	39	22	13	2
2	3	5	60	51	32	22	16	6	0
2	3	6	60	56	36	21	17	9	0
2	3	7	50	41	39	22	16	11	0
2	3	8	50	43	40	33	21	9	0
2	3	9	50	46	37	22	18	10	0
2	3	10	82	60	44	31	25	16	9
2	4	1	79	50	36	20	9	3	0
2	4	2	67	40	31	22	11	5	0
2	4	3	76	50	32	21	11	2	0
2	4	4	60	41	30	19	9	0	0
2	4	5	69	40	30	19	8	0	0
2	4	6	50	36	27	13	9	0	0
2	4	7	82	51	33	26	12	9	0
2	4	8	50	37	26	19	7	0	0
2	4	9	60	43	31	21	15	4	0
2	4	10	71	40	33	17	9	2	0
2	5	1	50	41	31	23	17	11	2
2	5	2	63	51	45	31	21	17	4
2	5	3	60	56	38	27	15	4	0
2	5	4	88	66	44	34	26	17	6
2	5	5	50	40	33	20	10	6	0
2	5	6	88	60	45	32	23	13	8
2	5	7	70	61	50	43	27	18	6
2	5	8	80	67	45	33	21	13	5
2	5	9	50	42	31	22	16	10	0
2	5	10	50	40	34	26	17	9	0
2	6	1	56	47	33	25	12	9	0
2	6	2	50	38	31	22	18	8	0
2	6	3	73	61	45	38	25	16	8
2	6	4	56	40	33	23	18	12	5
2	6	5	86	60	50	35	27	16	5

2	6	6	72	60	49	33	21	10	0
2	6	7	58	45	33	21	13	7	0
2	6	8	60	48	33	21	17	10	0
2	6	9	71	59	44	31	20	11	0
2	6	10	74	52	43	31	28	15	6
3	1	1	100	87	69	44	23	15	8
3	1	2	89	60	46	31	22	11	2
3	1	3	80	54	38	25	19	9	0
3	1	4	79	60	41	31	18	5	0
3	1	5	70	58	54	49	21	12	5
3	1	6	57	50	48	25	17	9	0
3	1	7	80	67	47	31	21	16	8
3	1	8	69	50	44	29	18	8	0
3	1	9	74	60	42	38	22	11	0
3	1	10	90	84	50	39	23	16	8
3	2	1	50	44	38	21	18	12	5
3	2	2	64	50	44	31	22	13	8
3	2	3	60	56	35	28	18	13	2
3	2	4	69	60	55	32	28	15	8
3	2	5	55	41	36	22	18	13	5
3	2	6	83	70	50	38	26	12	4
3	2	7	75	60	41	33	21	11	2
3	2	8	66	50	40	29	17	9	0
3	2	9	75	56	46	31	22	11	0
3	2	10	90	70	61	44	25	12	4
3	3	1	90	72	55	43	27	19	9
3	3	2	70	63	47	32	22	11	2
3	3	3	89	50	36	25	17	9	0
3	3	4	81	60	50	34	19	9	1
3	3	5	69	60	43	31	21	11	0
3	3	6	70	63	41	29	17	11	1
3	3	7	83	50	39	31	20	13	4
3	3	8	70	55	50	33	21	16	9
3	3	9	60	51	36	23	18	8	0
3	3	10	80	50	41	33	28	15	4
3	4	1	50	47	31	22	11	0	0
3	4	2	80	63	43	21	12	9	0
3	4	3	59	50	41	21	9	7	0
3	4	4	70	55	33	20	9	0	0
3	4	5	63	50	31	19	6	0	0
3	4	6	76	50	40	27	11	3	0

3	4	7	91	72	50	32	19	5	0
3	4	8	70	59	44	30	17	9	0
3	4	9	57	43	28	q	8	0	0
3	4	10	79	51	36	21	15	5	0
3	5	1	64	50	40	31	20	15	6
3	5	2	50	45	36	27	12	6	0
3	5	3	60	50	33	21	14	8	0
3	5	4	88	60	48	33	21	18	7
3	5	5	82	70	50	38	27	18	9
3	5	6	50	40	30	22	16	6	0
3	5	7	94	70	55	38	27	16	7
3	5	8	60	50	41	29	18	10	0
3	5	9	100	80	62	45	33	18	7
3	5	10	80	60	45	28	16	8	0
3	6	1	75	70	43	32	22	16	5
3	6	2	81	54	42	33	22	11	5
3	6	3	92	61	48	32	17	8	0
3	6	4	88	60	51	33	22	10	3
3	6	5	86	70	50	32	20	10	0
3	6	6	73	55	43	31	22	9	0
3	6	7	80	62	44	39	27	13	6
3	6	8	60	55	41	31	20	9	0
3	6	9	90	63	45	40	23	16	5
3	6	10	100	76	59	46	30	15	7

## ANEXO 5

<b>RENDIMIENTO FÍSICO POST COSECHA: 250g</b>			
<b>POST COSECHA</b>			
<b>BLOQUE</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>SUB MUESTRA</b>	<b>RENDIMIENTO FÍSICO</b>
1	1	1	57.92
1	1	2	56.24
1	1	3	57.96
1	2	1	55.51
1	2	2	56.82
1	2	3	57.12
1	3	1	52.92
1	3	2	54.36
1	3	3	57.12
1	4	1	57.92
1	4	2	57.24
1	4	3	57.96
1	5	1	54.18
1	5	2	55.24
1	5	3	52.25
1	6	1	53.92
1	6	2	52.24
1	6	3	53.96
2	1	1	55.71
2	1	2	54.24
2	1	3	56.5
2	2	1	57.16
2	2	2	54.78
2	2	3	57.21
2	3	1	55.16
2	3	2	56.24
2	3	3	54.23
2	4	1	57.19
2	4	2	58.12
2	4	3	57.26
2	5	1	53.57
2	5	2	53.47
2	5	3	54.26
2	6	1	53.34

2	6	2	51.58
2	6	3	52.25
3	1	1	57.16
3	1	2	55.22
3	1	3	56.32
3	2	1	51.62
3	2	2	53.24
3	2	3	54.12
3	3	1	55.11
3	3	2	56.81
3	3	3	55.17
3	4	1	57.19
3	4	2	56.17
3	4	3	57.11
3	5	1	53.18
3	5	2	54.46
3	5	3	54.51
3	6	1	52.13
3	6	2	52.33
3	6	3	52.53

## ANEXO 6

Estadísticos de la figura 6. Patogenicidad de las cepas entomopatógenas *Metarhizium* sp.

### Modelos lineales generales y mixtos

#### Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.002 L.72 REML<-glm(L.72~1+TARATAMIENTO  
  ,method="REML"  
  ,na.action=na.omit  
  ,data=mlm.modeloR.data00)
```

#### Resultados para el modelo: mlm.modelo.002\_L.72\_REML

Variable dependiente: L.72

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	O
57	190,07	222,83	-75,04	1,32	0,82	

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1874,89	<0,0001
TARATAMIENTO	18	9,72	<0,0001

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1874,89	<0,0001
TARATAMIENTO	18	9,72	<0,0001

#### Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TARATAMIENTO	18	38	9,72	<0,0001

**L.72 - Medias ajustadas y errores estándares para TARATAMIENTO**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TARATAMIENTO	Medias	E.E.								
7	10,00	0,76	A							
15	10,00	0,76	A							
2	10,00	0,76	A							
14	9,67	0,76	A	B						
5	9,67	0,76	A	B						
9	9,00	0,76	A	B	C					
4	8,67	0,76	A	B	C					
12	8,33	0,76	A	B	C					
11	8,33	0,76	A	B	C					
13	8,00	0,76	A	B	C	D				
19	8,00	0,76	A	B	C	D				
8	7,67	0,76		B	C	D				
17	7,33	0,76			C	D	E			
10	7,00	0,76			C	D	E			
16	7,00	0,76			C	D	E			
18	6,00	0,76				D	E			
6	5,33	0,76					E	F		
3	3,67	0,76						F		
1	0,67	0,76								G

Medias con una letra comun no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Estadísticos de la figura 7. Patogenicidad de las cepas entomopatógenas *B. peruvienis*

**Modelos lineales generales y mixtos**

**Especificación del modelo en R**

```
mlm.modelo.005_Mortalidad_REML<-glm(Mortalidad~1+Tratamiento
method="REML"
na.action=na.omit
data=mlm.modeloR.data05)
```

**Resultados para el modelo: mlm.modelo.005\_Mortalidad\_REML**

Variable dependiente: Mortalidad

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
63	252.64	290.87	-104.32	2.20	0.99	

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	87248.00	<0.0001
Tratamiento	20	266.20	<0.0001

**Pruebas de hipótesis tipo III - prueba**

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	Tratamiento	20	42	266.20	<0.0001

**Mortalidad - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento**

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.				
20	99.67	1.27	A			
8	99.67	1.27	A			
3	99.67	1.27	A			
5	97.00	1.27	A			
4	96.67	1.27	A			
18	96.67	1.27	A			
16	93.33	1.27				B
10	93.00	1.27				B
1	92.67	1.27				B
15	92.67	1.27				B
7	90.00	1.27				B
6	89.67	1.27				B
14	80.33	1.27		C		
17	76.67	1.27			D	
19	73.33	1.27			D	
12	73.33	1.27			D	
13	69.67	1.27				E
9	67.33	1.27				E
11	66.67	1.27				E
2	65.67	1.27				E
0	8.67	1.27				F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Estadísticos de la figura 8.** Patogenicidad de la fórmula biológica (*Metarhizium* sp. + *Beauveria peruviansis*) en laboratorio.

**Especificación del modelo en R**

```
mlm.modelo.006 L.72 REML<-glS(L.72~1+TARATAMIENTO
method="REML"
na.action=na_omit
data=mlm.modeloR.data04)
```

**Resultados para el modelo: mlm.modelo.006\_L.72\_REML**

Variable dependiente: L.72

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
90	231,10	274,36	-96,55	0,76	0,42	

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	13766,29	<0,0001
TARATAMIENTO	17	3,02	0,0006

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	13766,29	<0,0001
TARATAMIENTO	17	3,02	0,0006

**Pruebas de hipótesis tipo III - prueba**

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TARATAMIENTO	17	72	3,02	0,0006

**L.72 - Medias ajustadas y errores estándares para TARATAMIENTO**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TARATAMIENTO	Medias	E.E.				
1	10,00	0,34	A			
5	10,00	0,34	A			
3	10,00	0,34	A			
2	10,00	0,34	A			
15	9,80	0,34	A	B		
12	9,80	0,34	A	B		
11	9,80	0,34	A	B		
8	9,60	0,34	A	B	C	
4	9,60	0,34	A	B	C	
6	9,40	0,34	A	B	C	
16	9,20	0,34	A	B	C	
10	9,00	0,34		B	C	D
9	9,00	0,34		B	C	D
7	9,00	0,34		B	C	D
17	9,00	0,34		B	C	D
13	8,80	0,34			C	D
14	8,20	0,34				D
18	8,20	0,34				D

Medias con una letra comun no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Estadísticos de la figura 9.** Patogenicidad de la fórmula biológica (*Metarhizium* sp. + *Beauveria peruvienis*) en Campo.

**Modelos lineales generales y mixtos**

```
mlm.modelo.007 C0 REML<-lme(C0~1+TRATAMIENTO
,random=list(BLOQUE=pdIdent(~1)
,PLANTAS=pdIdent(~1))
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,nsMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data07
,keep.data=FALSE)
```

Resultados para el modelo: `mlm.modelo.007_C0_REML`

Variable dependiente: C0

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
180	1436,95	1465,38	-709,48	13,29	0,01	0,11	0,11

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	145	560,24	<0,0001
TRATAMIENTO	5	145	0,40	0,8482

**Pruebas de hipótesis tipo III - prueba**

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1 TRATAMIENTO	5	145	0,40	0,8482

**Parámetros de los efectos aleatorios**

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|BLOQUE

**Desvíos estándares y correlaciones**

	(const)
(const)	5,07

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|PLANTAS Dentro BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	1,9E-03

C0 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.F.	
1	74,70	3,80	A
6	74,50	3,80	A
3	74,13	3,80	A
2	72,43	3,80	A
5	71,83	3,80	A
4	71,07	3,80	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.008 C1 REML<-lme(C1~1+TRATAMIENTO
random=list(BLOQUE=pdIdent(~1)
PLANTAS=pdIdent(~1))
method="REML"
control=lmeControl(niterEM=150
msMaxIter=200)
na.action=na.omit
data=mlm.modeloR.data07
keep.data=FALSE)
```

Resultados para el modelo: `mlm.modelo.008_C1_REML`

Variable dependiente: C1

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
180	1375,13	1403,57	-678,57	11,10	0,07	0,19	0,19

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	145	367,04	<0,0001
TRATAMIENTO	5	145	2,88	0,0165

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TRATAMIENTO	5	145	2,88	0,0165

Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
 Formula: ~1|BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	5,04

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
 Formula: ~1|PLANTAS Dentro BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	6,5E-04

C1 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO  
 LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
1	60,43	3,55	A
2	59,90	3,55	A
3	59,87	3,55	A
6	59,37	3,55	A
5	56,57	3,55	A B
4	51,50	3,55	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

### Especificación del modelo en R

```
mlm_modelo.009 C2 REML<-lme(C2~1+TRATAMIENTO
random=list(BLOQUE=pdIdent(~1)
,PLANTAS=pdIdent(~1))
method="REML"
control=lmeControl(niterEM=150
nMaxIter=200)
na.action=na.omit
data=mlm.modeloR.data07
keep.data=FALSE)
```

Resultados para el modelo: `mlm_modelo.009_C2_REML`

Variable dependiente: C2

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
180	1321,85	1350,28	-651,92	9,63	0,08	0,10	0,10

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	145	1672,05	<0,0001
TRATAMIENTO	5	145	3,05	0,0120

### Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TRATAMIENTO	5	145	3,05	0,0120

### Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: `pdIdent`  
Formula: `~1|BLOQUE`

### Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	1,32

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
 Formula: ~1|PLANTAS Dentro BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	5,3E-04

**C2 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de comparación de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
1	46,17	1,92	A	
6	45,07	1,92	A	
2	44,57	1,92	A	
5	42,27	1,92	A	B
3	41,53	1,92	A	R
4	37,73	1,92		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Especificación del modelo en R**

```
mlm.modelo.010 C3 REML<-lme(C3~1+TRATAMIENTO
random=list(BLOQUE=pdIdent(~1)
PLANTAS=pdIdent(~1))
method="REML"
control=lmeControl(niterEM=150
msMaxIter=200)
na.action=na.omit
data=mlm.modeloR.data07
keep.data=FALSE)
```

**Resultados para el modelo: mlm.modelo.010\_C3\_REML**

Variable dependiente: C3

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
179	1171,97	1200,35	-576,98	6,29	0,17	0,34	0,34

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	144	155,10	<0,0001
TRATAMIENTO	5	144	8,74	<0,0001

**Pruebas de hipótesis tipo III - prueba**

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TRATAMIENTO	5	144	8,74	<0,0001

**Parámetros de los efectos aleatorios**

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	3,73

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|PLANTAS Dentro BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	7,0E-04

**C3 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
6	29,73	2,44	A
1	29,37	2,44	A
2	29,37	2,44	A
5	28,30	2,44	A
3	27,33	2,44	A
4	20,67	2,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Especificación del modelo en R

```
mlm_modelo_011_C4_REML<-lme(C4~1+TRATAMIENTO
,random=list(BLOQUE=pdIdent(~1)
,PLANTAS=pdIdent(~1)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=mlm_modeloR.data07
,keep.data=FALSE)
```

Resultados para el modelo: `mlm_modelo_011_C4_REML`

Variable dependiente: C4

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	R2 2
180	1065,93	1094,37	-523,97	4,50	0,29	0,47	0,49

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	145	85,80	<0,0001
TRATAMIENTO	5	145	19,30	<0,0001

### Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	denDF	F-value	p-value
1	TRATAMIENTO	5	145	19,30	<0,0001

### Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	3,12

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent  
Formula: ~1|PLANTAS Dentro BLOQUE

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	0,71

### C4 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
6	19,63	1,98	A	
2	18,90	1,98	A	B
3	18,30	1,98	A	B
5	18,20	1,98	A	B
1	17,13	1,98		B
4	9,83	1,98		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## ANEXO 7: ENCUESTAS CUANTIFICADAS

N°	FACTORES SOCIALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	¿Qué nivel de instrucción tiene?	1	5	1	5	5	1	1	5	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1
2	La finca cafetalera que trabaja es	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	Pertenece usted a alguna organización productiva	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	10	10	10	10	10	1
4	¿A qué tipo de organización productiva pertenece?	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	10	10	10	10	10	1
5	¿Usted recibe apoyo por parte del estado?	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10	10	10	1	10	10	1	10	10	10	10	10	1
6	¿Qué tipo de apoyo recibe?	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10	10	10	1	10	10	1	10	10	10	10	10	1
<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>																										
7	¿Usted recibe capacitación?	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1
8	¿Usted recibe asistencia técnica?	1	10	10	1	1	10	1	1	1	10	10	1	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1
9	¿Cuál es su actividad principal a la que se dedica?	5	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	5
10	Número de ha que posee:	1	5	1	1	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	5
11	Variedades de café que posee su finca	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5
12	¿Cuántas cosechas de café obtiene al año?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	¿Cuántos quintales de café cosecha por Ha	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	5	5
14	¿Cuál es el destino del café cosechado?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	¿A cuánto lo vende el quintal de café?	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16	¿A quién lo vende su café?	5	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	5
<b>FACTORES AMBIENTALES</b>																										
17	¿Su producción cafetalera es orgánica o química?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	¿Usted realiza prácticas de conservación de suelos?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	¿Qué tipo de práctica conservación de suelos utiliza?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	10	5	5

20	¿Cómo maneja el control de malezas dentro de su finca cafetalera?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	¿Usted realiza un manejo adecuado de desechos orgánicos e inorgánicos?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22	¿Qué actividades realiza?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	¿Existen organizaciones establecidas con fines de cuidar los recursos naturales?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>MANEJO Y CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA</b>																										
24	¿Conoce usted a la broca del café?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
25	¿Considera usted que la broca causa daño a los granos de café?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
26	¿Usted considera que su finca cafetalera presenta daños del fruto por el ataque de broca?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
27	¿Cómo controla a la plaga de la broca del café?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
28	¿Cuál de estos métodos de control, cree usted que es más amigable con el medio ambiente?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
29	Si usted tuviera que escoger para controlar la broca del café. ¿Cuál de estos métodos de control preferiría aplicar?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
30	¿Conoce usted a los microorganismos del género <i>Beauveria</i> sp?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	¿Conoce usted a los microorganismos del género <i>Metarhizum</i> sp?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	¿Usted realiza aplicaciones con estos microorganismos para controlar la broca del café?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	¿Considera usted que, la compra de estos microorganismos son de fácil adquisición?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	¿Usted aplicaría estos microorganismos para controlar la broca de su café?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
35	Disposición a pagar del producto	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	10	1	1	10	5	1	5	5	5

## ANEXO 8:

Indicadores de sostenibilidad sometidos a evaluación en el desarrollo del trabajo.

Número del indicador	Manejo de suelos	Valor
	Características	
<b>FACTORES SOCIALES</b>		Valor
1) Nivel de Instrucción del productor.	Personas sin estudios (Analfabeto)	1
	Personas con nivel primario completo o incompleto de educación	5
	Personas con secundaria completa/incompleta o estudios universitarios.	10
2) Posesión de las fincas cafetaleras.	Posesión de fincas cafetaleras arrendadas	1
	Posesión de fincas cafetaleras arrendadas	5
	Posesión de fincas cafetaleras arrendadas	10
3) Organizaciones para la comercialización de productos.	Personas que no pertenecen a ninguna asociación.	1
	Personas que pertenecen asociaciones cafetaleras.	5
	Agricultores que pertenecen Asociaciones Cafetaleras y Cooperativas Agropecuarias.	10
4) Apoyo por parte del estado	Ningún apoyo	1
	Asistencia Técnica	5
	Asistencia Técnica y abonos	10
<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>		Valor
1) Actividades que generan ingreso económico	Personas dedicadas a otras actividades paralelas a la agricultura.	1
	Personas dedicadas solamente a la agricultura.	5
	Personas dedicadas a la agricultura y ganadería.	10
2) Cosecha cafetalera	Producción cafetalera de 1 cosecha al año.	1
	Producción cafetalera de 2 cosechas al año.	5
	Producción cafetalera de 3 cosechas al año.	10
3) Producción cafetalera	Producción menor a 10 quintales por Ha	1
	Producción relativa de 10 a 20 quintales por Ha	5

	Producción mayor a 30 quintales por Ha	10
4) Soberanía alimentaria	Personas que sólo consumen la cosecha del café.	1
	Personas que solo venden su café más no lo consumen.	5
	Personas que consumen y venden lo que producen.	10
5) Ingreso económico directamente de la producción cafetalera.	Precio de venta del café oscila entre 500 -600 soles.	1
	Precio de venta del café oscila entre 620 -650 soles.	5
	Precio de venta del café supera los 660 soles.	10
6) Distribución del producto a mercados	Producción cafetalera solamente para consumo.	1
	Venta de la producción cafetalera a compradores temporales	5
	Venta de la producción cafetalera a centro de acopio - COOPERATIVAS	10
<b>FACTORES AMBIENTALES</b>		Valor
1) Producción Cafetalera	Producción cafetalera Química.	1
	Producción cafetalera Química y Orgánica.	5
	Producción cafetalera Orgánica	10
2) Prácticas de conservación del suelo en la finca cafetalera	Al menos 2 prácticas sustentables para conservación del suelo, de las 10 detectadas en la región.	1
	Entre 2 y 4 prácticas para conservación del suelo, de las 10 detectadas en la región.	5
	Más de 4 prácticas para conservación del suelo, de las 10 detectadas en la región.	10
3) Control de malezas	Utilización de herbicidas	1
	Control manual con machete o chaleadoras.	5
	Utilización de más de un manejo de control de malezas (Control cultural, mecánico, manual).	10
	Los residuos son arrojados a la fuente agua más cercana (ríos o quebradas), o estos son quemados.	1

4) Manejo de residuos del predio:  - podas,  - cosechas y  - hojarascas.	Los residuos se arrojan a un basurero dentro de la finca.	15
	Los residuos se incorporan al suelo o se dejan sobre la superficie del suelo, manejo de camas composteras.	10
5) Organizaciones establecidas con fines de cuidar los recursos naturales.	No existen organizaciones para conservar los recursos naturales.	1
	Existe 1 organizaciones establecida que conservan para conservar los recursos naturales.	5
	Existen más de 2 organizaciones establecidas que conservan los recursos naturales.	10
<b>MANEJO DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ</b>		<b>Valor</b>
1) Conocimiento de microorganismos entomopatógenos	No conocen a estos microorganismos entomopatógenos.	1
		5
	Si conocen a estos microorganismos entomopatógenos.	10
2) Daños de la plaga clave del cultivo de café	No conoce a la broca del café.	1
		5
	Si conocen a la broca del café.	10
3) Ataques de la broca del café al cultivo.	No presenta daños de broca del café en su parcela.	1
		5
	Si presenta daños en el cultivo ocasionados por la broca del café.	10
4) Tipos de control de plaga: "Broca del café"	Uso de productos químicos	1
	Uso de trampas en campo de cultivo	5
	Aplicación de control biológico	10
5) Método de control más amigable con el medio ambiente.	Método de control químico	1
	Control etológico o biológico	5
	Uso de control biológico	10

6) Conocimiento de especies de hongos entomopatógenos.  - <i>Beaveria peruviansis</i> .  - <i>Metarhizum</i> sp.	Desconoce sobre estos microorganismos entomopatógenos	1
		5
	Si conoce estos microorganismos.	10
6) Control biológico	No funciona/ no es efectivo.	1
	Es moderadamente efectivo, lo usa de vez en cuando.	5
	Es efectivo y lo aplica para controlar la broca, uso continuo	10
7) Accesibilidad y puesta en práctica.	Proceso de aplicación es complicado.	1
	De fácil aplicación, pero los microorganismos son poco accesibles.	5
	De fácil aplicación y los microorganismos son fáciles de conseguir.	10
8) Costos de la compra de hongos entomopatógenos	Es costoso, inaccesible.	1
	Es moderadamente costoso, pero accesible.	5
	No es costoso y es accesible.	10



Activación de cepas entomopatógenas de *Beauveria peruviensis* y *Metarhizium* sp.



Conteo de esporas y porcentaje de germinación cepas entomopatógenas de *Beauveria peruviensis* y *Metarhizium* sp.



Instalación de patogenicidad de la fórmula biológica a base de *Beauveria peruvienis* y *Metarhizium* sp.



**Evaluación de patogenicidad de la fórmula biológica**



**Preparación de matrices de la fórmula biológica para ser llevada a campo**



Instalación del experimento en campo



**Evaluación de fincas cafetaleras – eficacia de las fórmulas biológicas.**



**Rendimiento físico del café**