

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

APLICACIÓN DE *Bacillus subtilis* PARA EL CONTROL DE *Uromyces Phaseoli* Y *Colletotrichum lindemuthianum* EN EJOTE FRANCÉS ORGÁNICO  
TESIS DE GRADO

**JOSE ALEJANDRO RUANO PEREZ**  
CARNET 12530-07

ESCUINTLA, AGOSTO DE 2018  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

APLICACIÓN DE *Bacillus subtilis* PARA EL CONTROL DE *Uromyces Phaseoli* Y *Colletotrichum lindemuthianum* EN EJOTE FRANCÉS ORGÁNICO

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**JOSE ALEJANDRO RUANO PEREZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, AGOSTO DE 2018

SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. CLAUDIA JOHANNA MARTINEZ ORTIZ

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO

Guatemala, 18 de julio de 2018

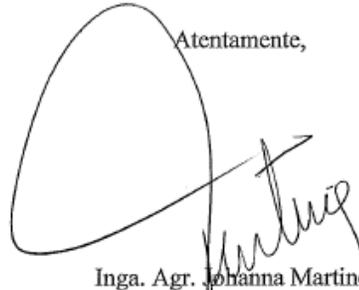
Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación en la modalidad de Tesis al estudiante **José Alejandro Ruano Pérez**, que se identifica con carné **12530-07**, titulada: **Aplicación de *Bacillus subtilis* para el control de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en ejote francés orgánico.**

Considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Inga. Agr. Johanna Martínez

Colegiado No.7170

Código URL 2848



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradicón Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06983-2018

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSE ALEJANDRO RUANO PEREZ, Carnet 12530-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06122-2018 de fecha 11 de agosto de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

APLICACIÓN DE *Bacillus subtilis* PARA EL CONTROL DE *Uromyces Phaseoli* Y  
*Colletotrichum lindemuthianum* EN EJOTE FRANCÉS ORGÁNICO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de agosto del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



## DEDICATORIA

A:

- Dios: Porque en su infinito amor me da la oportunidad de superarme y crecer intelectualmente.
- Mis padres: Por darme la vida y enseñarme a luchar por lo que quiero.
- Mi esposa: Porque nunca dejaste de creer en mí, por tu amor y estar allí siempre TE AMO.
- Mis hijos: Rodrigo, Joaquin y Mía, este triunfo es de ustedes.
- Mis hermanos: Carlos, Nohemí, Marina, Edgar y Karla, lo logre hermanitos.

# ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. UTILIZACIÓN DE LOS BIOFERTILIZANTES .....	3
2.3. <i>Bacillus subtilis</i> .....	4
2.4. CLASIFICACION TAXONÓMICA DE <i>Bacillus subtilis</i> .....	5
2.5. ANTECEDENTES DE LA UTILIZACIÓN DE <i>Bacillus subtilis</i> EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	5
2.5.1. Arroz .....	5
2.5.2. Solanáceas .....	6
2.6. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL EJOTE FRANCÉS.....	7
2.7. IMPORTANCIA ECONÓMICA .....	7
2.8. ENFERMEDADES DEL EJOTE FRANCÉS .....	7
2.8.1. Antracnosis.....	7
2.8.2. Roya o Herrumbre .....	8
2.8.3. Otras enfermedades que atacan al ejote francés.....	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	10
4. OBJETIVOS .....	12
4.1. GENERAL.....	12
4.2. ESPECÍFICOS .....	12
5. HIPÓTESIS .....	13
6. METODOLOGÍA .....	14
6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	14
6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	14
6.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	14

6.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	15
6.5.	MODELO ESTADÍSTICO .....	15
6.6.	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	15
6.6.1.	Parcela bruta .....	16
6.6.2.	Parcela neta .....	17
6.7.	CROQUIS DE CAMPO .....	18
6.8.	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	18
6.8.1.	Preparación del terreno .....	18
6.8.2.	Instalación de Macro Túnel .....	18
6.8.3.	Colocado de cinta de goteo y acolchado .....	18
6.8.4.	Siembra .....	18
6.8.5.	Riego .....	19
6.8.6.	Fertilización y aplicación de productos biológicos .....	19
6.8.7.	Tutorado .....	19
6.8.8.	Control de malezas .....	19
6.8.9.	Control de plagas insectiles .....	19
6.8.10.	Muestreo y medición de variables de respuesta .....	19
6.8.11.	Aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> .....	20
6.8.12.	Cosecha .....	20
6.9.	VARIABLES DE RESPUESTA .....	20
6.10.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	23
6.10.1.	Análisis estadístico .....	23
6.10.2.	Análisis económico .....	24
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
7.1.	INCIDENCIA DE ROYA .....	25
7.2.	SEVERIDAD DE ROYA .....	26
7.3.	INCIDENCIA ANTRACNOSIS .....	28

7.4.	SEVERIDAD ANTRACNOSIS .....	29
7.5.	RENDIMIENTO EN KG/HA.....	30
7.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	31
8.	CONCLUSIONES .....	34
9.	RECOMENDACIONES.....	35
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	36
11.	ANEXOS .....	38
11.1.	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	38

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de <i>Bacillus subtilis</i> .....	5
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación taxonómica del ejote francés.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de los tratamientos para el control de <i>Uromyces phaseoli</i> y <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> en el cultivo de ejote francés orgánico. ....	14
<b>Cuadro 4.</b> Severidad de antracnosis.....	21
<b>Cuadro 5.</b> Severidad de roya .....	22
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza de incidencia utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de <i>Uromyces phaseoli</i> en ejote francés orgánico. ....	25
<b>Cuadro 7.</b> Prueba de Tukey de la variable incidencia utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de roya en ejote francés orgánico. ....	26
<b>Cuadro 8.</b> Porcentaje de severidad de roya en ejote francés orgánico. ....	26
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza de la severidad utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de <i>Uromyces phaseoli</i> en ejote francés orgánico. ....	27
<b>Cuadro 10.</b> Prueba de Tukey de la variable severidad utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de roya en ejote francés orgánico. ....	27
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza de la incidencia utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> en ejote francés orgánico. ....	28
<b>Cuadro 12.</b> Porcentaje de severidad de antracnosis en ejote francés orgánico.....	29
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de varianza de la variable severidad utilizando <i>Bacillus subtilis</i> para el control de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> en ejote francés orgánico.....	29

<b>Cuadro 14.</b> Prueba de Tukey de la variable severidad utilizando <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> para el control de antracnosis en ejote francés orgánico. ....	30
<b>Cuadro 15.</b> Rendimiento en kg/ha para cada tratamiento evaluado en el cultivo de ejote francés, Finca Vista Volcanes, Chimaltenango. ....	30
<b>Cuadro 16.</b> Costos de producción para cada tratamiento en el cultivo de ejote francés variedad Serengeti.....	32
<b>Cuadro 17.</b> Ingresos obtenidos por cada tratamiento .....	32
<b>Cuadro 18.</b> Relación beneficio/costo, para el rendimiento en kg/ha de ejote francés variedad Serengeti.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
<i>Figura 1.</i> Parcela bruta para la cosecha del cultivo de ejote francés variedad Serengeti. ....	16
<i>Figura 2.</i> Parcela neta para la cosecha del cultivo de ejote francés variedad Serengeti.....	17
<i>Figura 3.</i> Croquis de campo.....	18
<i>Figura 4.</i> Vainas de frijol en que se aprecian las nueve categorías de enfermedad usadas para evaluar la reacción del ejote a la antracnosis.....	22
<i>Figura 5.</i> Severidad de roya. ....	23

**APLICACIÓN DE *Bacillus subtilis* PARA EL CONTROL DE *Uromyces phaseoli* Y *Colletotrichum lindemuthianum* EN EJOTE FRANCÉS ORGÁNICO.**

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación fue realizado en finca Vista Volcanes ubicada en la alameda del municipio de Chimaltenango, Chimaltenango. El objetivo principal fue evaluar la aplicación de *Bacillus subtilis* para el control de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en ejote francés orgánico. Se utilizaron como variables de respuesta la incidencia y severidad que causan estas en el cultivo de ejote francés, variedad Serengeti. Se utilizó el Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La primera aplicación fue directamente al suelo y luego se realizaron aplicaciones al follaje cada siete días durante todo el periodo de cosecha. Se realizaron muestreos a los veinte, cuarenta y sesenta días. Se determinó que el tratamiento de 1.75 l/ha fue el más efectivo para el control de roya y antracnosis. Se demostró que *Bacillus subtilis* tiene un efecto de control para la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en el cultivo de ejote francés variedad Serengeti.

# 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo de ejote francés inicia en el año 1977. La producción de esta leguminosa se presenta de forma muy natural, donde las principales zonas de producción son los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, San Marcos, Las Verapaces, Sololá y Quiché.

Su producción con fines de exportación se ha incrementado en los últimos 10 años. MAGA informó durante 2012, que Guatemala exportó 537 toneladas de ejote francés. Los principales destinos de las exportaciones han sido Reino Unido con 535 Tm, y España con 1.6 Tm. (MAGA, 2014).

Uno de los principales aspectos que más se demanda a nivel internacional, es respecto al control de los residuos de pesticidas, asegurándose el control de los Límites Máximos de Residuos (LMR), los cuales presentan una tendencia a bajar en los próximos años (MAGA, 2014). Esto evidencia desde luego una tendencia a utilizar alternativas para el control de las enfermedades que atacan al cultivo.

El acceso de los países a los mercados de exportación de los alimentos continuará dependiendo de la capacidad que posean de cumplir los requisitos reglamentarios de los mismos importadores. La creación y sostenimiento de la demanda de sus productos alimentarios en los mercados mundiales, presupone la confianza por parte de los importadores y consumidores en la integridad de sus sistemas alimentarios.

Debido a que la producción agrícola es el punto central de las economías de la mayor parte de los países en desarrollo, los agricultores se centran en producir cantidades masivas en menos tiempo con ayuda de productos químicos. A causa de esto, el ingreso de sus productos a los diferentes países destino puede verse afectado y la necesidad de producir orgánicamente para ofrecer una mejor medida de protección y aceptación en los alimentos va en aumento. Por lo que la necesidad de producción orgánica cada vez se hace más grande en Guatemala.

Entre las principales enfermedades que atacan al ejote francés están *Uromyces Phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*. Estas enfermedades afectan al tallo, hojas y vaina; se han utilizado productos químicos para poder contrarrestar sus efectos, pero, producen rechazo en las

exportaciones; es por ello por lo que se desea utilizar un medio de control biológico para producir de una manera rentable, sana y beneficiosa tanto para el consumidor final como para el agricultor.

Por lo que en el presente estudio se evaluó como alternativa parcial o completa para el control de *Uromyces Phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* un control biológico, el *Bacillus subtilis* bajo condiciones controladas de macro túnel en finca Vista Volcanes Chimaltenango.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Los biofertilizantes son insumos biológicos, seguros ecológicamente inocuos al humano, que pretenden sustituir total o parcialmente a los fertilizantes sintéticos. El instituto Colombiano Agropecuario ICA (Resolución 00375 del 27 de febrero de 2004) define un inoculante biológico como un producto elaborado con base en una o más cepas de microorganismos benéficos que al aplicarse al suelo o las semillas promueven el crecimiento vegetal o favorecen el aprovechamiento de los nutrientes, en asociación con la planta o su rizosfera. Incluye entre los productos elaborados con micorrizas, rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y los géneros *Rhizobium* sp., *Frankia* sp., *Beijerinckia* sp. y bacterias fosfato solubilizadoras (ICA, 2004).

Roveda, Ramirez y Bonilla (2007), consideran que un inoculante biológico es una preparación de microorganismos que pueden sustituir parcial o totalmente la fertilización química.

### 2.2. UTILIZACIÓN DE LOS BIOFERTILIZANTES

Los biofertilizantes se pueden aplicar en suelos degradados y donde las presencias de microorganismos han sido afectadas negativamente por el uso inapropiado de técnicas agrícolas (exceso de agroquímicos, talas, quemas, poca conservación de suelos, entre otras) que han propiciado la degradación y han reducido su diversidad y efectividad. Además, se debe inocular cuando existen poblaciones altas de microorganismos que no se asocien efectivamente con la especie de la planta cultivada (Pankurts *et al*, 1997).

En términos generales, los inoculantes se deben aplicar en suelos que presenten deficiencia del nutriente específico, cuando existen (bajas o altas) de microorganismos que tengan baja capacidad de colonización y/o baja eficiencia como inoculantes, o suelos donde existan cepas nativas del microorganismo o que sus poblaciones se hayan visto seriamente reducidas por procesos de degradación de suelos (Pankurts *et al*, 1997).

### 2.3. *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* es una bacteria *Gram positiva* I habitante natural del suelo, la cual coloniza las raíces, compitiendo con los patógenos por espacio y sitios de infección en raíces. Forma una resistente estructura denominada “endospora” cuya finalidad es asegurar la supervivencia bajo condiciones extremas.

Entre los beneficios de utilizar *Bacillus subtilis* está:

- Inhibir e invadir el crecimiento de la germinación de esporas
- Proveer una barrera física para que los patógenos no se establezcan sobre la superficie de los tejidos
- Actuar como bioestimulante del crecimiento radicular
- Promover la secreción de fitohormonas
- Mejorar la asimilación de agua y nutrientes
- Inducir a la planta a producir fitoalexinas, proporcionándole resistencia a las plantas al ataque de hongos y bacterias.
- Disminuir los efectos de hongos Fitopatógenos (Guerrero 2014).

*Bacillus subtilis* ha evidenciado tener un alto potencial y espectro de acción “*in vitro*” como biocontrol de patógenos que afectan tanto a la parte del cultivo bajo tierra como aérea, en semilleros y/o plantación. Entre los resultados obtenidos de control están: *Alternaria porri* (84-100%), *Pyrenochaeta terrestres* (81-94%), *Fusarium spp.* (85-88%), *Fusarium moniliforme* (71-78%), *Alternaria solani* (73.93%), *Stemphylium solani* (80-89%), *Dydimella lycopersici* (94-100%) y *Phytophthora infestans* (90-100%) (Linares, et al,2005).

## 2.4. CLASIFICACION TAXONÓMICA DE *Bacillus subtilis*

Burdon (1985), manifestó que el *Bacillus subtilis* se clasifica de la siguiente forma:

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis*

Categoría	Descripción
Reino	Procariotes
División	II (bacterias)
Parte	15 (bacilos y cocos que forman endosporas)
Familia	Becelloaceae
Género	<i>Bacillus</i>
Especie	<i>Bacillus subtilis</i>

## 2.5. ANTECEDENTES DE LA UTILIZACIÓN DE *Bacillus subtilis* EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

### 2.5.1. Arroz

La habilidad del tizón del arroz de mutar en nuevas razas es la causa del limitado éxito en el control a través de la inducción a la resistencia. En un ensayo donde se utilizaron hojas de arroz tratadas con y sin *Bacillus subtilis* en presencia del patógeno fueron incubadas de 5 a 10 días, las hojas tratadas no mostraron síntomas visibles del tizón permaneciendo verdes y saludables. Estas mostraron que desarrollaron protección en contra de *Magnaporthe oryzae*.

Las hojas que no fueron tratadas con *Bacillus subtilis* y que fueron infestadas con el patógeno mostraron desarrollo de la enfermedad. Las dosis utilizadas en el ensayo demuestran que es un factor determinante para el control del patógeno los tratamientos C, D, E presentan diferencias muy significativas, con respecto de A y B. Por lo que se deduce que la utilización de *Bacillus subtilis* controla de manera eficaz, según la dosis aplicada la proliferación de *Magnaporthe oryzae* (Sanchez, 2016).

### 2.5.2. Solanáceas

La producción de papas es amenazada por muchas enfermedades, incluido el tizón temprano causado por *Rhizoctonia solani* que es una de las mayores enfermedades de la papa alrededor del mundo.

Aunque algunos fungicidas químicos han probado su efectividad para el control de *Rhizoctonia solani* estos no son útiles en producción orgánica, por lo que el uso de agentes biológicos parece ser una buena alternativa para proteger los cultivos. Recientemente, bacterias y agentes fúngicos han sido descritos para el control de *Rhizoctonia solani*.

*Bacillus subtilis* ha sido ampliamente estudiado como potencial agente biológico contra varias enfermedades de cultivos, debido a su habilidad de producir ciertos antibióticos, lipoproteínas y enzimas hidrolíticas.

La habilidad de *Bacillus subtilis* V26 para el control de *Rhizoctonia solani* fue confirmada por la determinación del radio de inhibición en contra de este hongo, además se verificó mediante la observación con microscopio óptico.

La habilidad de esta cepa para producir quitosanasas y proteasa sugiere que esta puede actuar sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* por antibiosis. De hecho, la actividad de las quitosanasas hidrolisa el quitosán, el cual se encuentra entre uno de los principales constituyentes de la pared celular del hongo.

## 2.6. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL EJOTE FRANCÉS

Parsons (1981), manifestó que el Ejote Francés se clasificó de la siguiente forma:

**Cuadro 2.** Clasificación taxonómica del ejote francés.

Categoría	Descripción	Categoría	Descripción
Reino	Plantae	Sub familia	Faboideae
División	Magnoliophyta	Tribu	Phaseoleae
Clase	Magnoliopsida	Genero	<i>Phaceolus</i>
Orden	Fabales	Nombre científico	<i>Phaseolus vulgaris</i>
familia	fabaceae		

## 2.7. IMPORTANCIA ECONÓMICA

La versatilidad comercial del ejote, que permite su exportación como producto fresco, congelado o procesado, lo hace muy atractivo como producto de alto desarrollo comercial, tanto en el presente como en el futuro; durante 2012, Guatemala exportó 537 toneladas de ejote francés a la Unión Europea, ningún otro país de la región tiene registradas exportaciones a la UE para este producto (MAGA, 2014).

## 2.8. ENFERMEDADES DEL EJOTE FRANCÉS

### 2.8.1. Antracnosis

Causada por *Colletotrichum lindemuthianum*. Este hongo produce en las vainas lesiones circulares, hundidas de color café, rodeadas de un borde rojizo. También pueden aparecer lesiones en otras partes aéreas de la planta. Las venas de la parte inferior de las hojas afectadas se oscurecen y el marchitamiento de los tejidos foliares adyacentes es un síntoma típico (Cásseres, 1996).

Los peciolos muestran un veteado pardo y las hojas pueden caer. Aparecen rayas oscuras en las partes afectadas, sobre todo en las semillas, que muestran áreas arrugadas, descoloridas y ligeramente hundidas, donde pueden aparecer a su tiempo masas de esporas de color blanco o rosado, (Cásseres, 1996).

### **2.8.2. Roya o Herrumbre**

Causada por *Uromyces phaseoli* esta es una enfermedad de las más serias en vainitas y en el frijol común. Los síntomas aparecen principalmente en las hojas y a veces en las vainas, como pústulas de color café rojizo de 1 a 2 mm. De diámetro; estas manchas se desarrollan en el envés de las hojas, pero pueden aparecer en el haz superior rodeadas de un anillo amarillento.

En infecciones severas las hojas se vuelven amarillas y caen prematuramente. La pústula, que es un soro, cambia del color rojizo a color negro conforme las teleutosporas van reponiendo a las uredosporas. El estado de teleutospora no ocurre en todos los sitios (Casseres, 1996).

### **2.8.3. Otras enfermedades que atacan al ejote francés**

Entre otras enfermedades que atacan al ejote francés se encuentran:

- Derrite

Causado por *Corticium microsclerotia* produce un efecto de telas de araña en las hojas y estas se vuelven acuosas y se pliegan unas a otras. Dentro del micelio envolvente de las partes afectadas aparecen esclerocios pardos. La planta entera puede llegar a morir.

En las vainas pequeñas se forman manchas grandes irregulares y en las vainas maduras las lesiones son de color café oscuro, redondeadas, ligeramente zonadas y hundidas (Casseres, 1996)

- Mosaico del frijol

Este virus ocurre con cierta frecuencia, aunque no siempre como factor limitante. Las hojas se tornan moteadas, se arrugan y no desarrollan uniformemente. El mejor combate es mediante uso de semilla sana, variedades resistentes, la eliminación de cigarritas y de otros insectos chupadores, así como la destrucción de plantas afectadas y plantas hospederas (Casseres, 1996).

- Estrangulamiento

También llamado ahogamiento, es causado por *Pellicularia filamentosa*. En frijol, como en muchas hortalizas más, puede ocurrir una pudrición de la semilla antes de nacer o producirse un ataque en el cuello de la plantita al nivel del suelo, ocasionando su muerte. En plantas ya establecidas puede causar una lesión en el cuello, en la que se forma un tejido calloso.

Estos hongos, que viven principalmente en la superficie de la tierra, pueden invadir los frutos en contacto con el suelo. Las vainitas que se producen muy debajo de la planta y que tocan la tierra pueden ser afectadas (Casseres, 1996).

- Pudrición acuosa

Causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, produce en la vainita síntomas de estrangulamiento similares a las del caso anterior. Este organismo ataca también al tomate, apio, papa, col y lechuga, siguiendo después de la fase inicial de ahogamiento, un marchitamiento y una pudrición acuosa.

Sobre el abundante micelio superficial se forman esclerocios en cuya forma sobrevive el hongo en el suelo. Se producen infecciones por ascosporas, conidios o por micelio y los climas húmedos y lluviosos favorecen esta enfermedad (Casseres, 1996).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El cultivo de ejote francés inicia en Guatemala en el año 1977, cuando el país se repone del terremoto y la comunidad suiza desarrolla programas de reconstrucción y fomento en la economía de las áreas del altiplano (Schaart, 2012). Durante ese tiempo los métodos de control fueron de acorde a la globalización que se vivía en el mundo y se utilizaron productos químicos sin tener una normativa que restringiera el uso inapropiado y excesivo de estos por parte de las instituciones reguladoras en Guatemala la tendencia en el mundo es consumir productos libres de pesticidas y los agricultores guatemaltecos se ven en la necesidad de implementar nuevas formas de producción y control y dejar de depender de los pesticidas.

La producción de ejote francés en Guatemala genera empleo durante todo el año ya que la mano de obra de tipo artesanal en este cultivo es necesaria para una producción exitosa. Entre algunas de las actividades agronómicas realizadas se encuentra la prevención y el control de enfermedades en el cultivo. Una de las principales enfermedades que afectan al cultivo es la antracnosis causada por *Colletotrichum lindemuthianum*.

Este hongo produce en las vainas lesiones circulares, hundidas de color café, rodeada de un borde rojizo. La roya causada por *Uromyces phaseoli* es una enfermedad de las más serias en vaina y en el frijol común. Los síntomas aparecen principalmente en las hojas y a veces en las vainas. Para poder controlar estas enfermedades en Guatemala se han utilizado productos químicos debido a que su tiempo de acción es rápido y representa un ganancial en producción más eficiente que cualquier otro método preventivo.

Los países a donde Guatemala exporta ejote francés han modificado sus estándares con respecto a la utilización de pesticidas y están solicitando que la producción de ejote francés sea amigable con el ambiente y con la salud de los consumidores. Por lo cual es necesario implementar nuevos métodos de control para estas enfermedades, para ser competitivos con otros países del mundo.

Uno de los métodos es la utilización de biocontroladores para prevenir de una manera parcial o total estas enfermedades; uno de estos métodos es a través de la utilización de *Bacillus subtilis* ya que esta bacteria actúa como antibiótico por sus propiedades protectantes en los cultivos.

Por lo anterior se propuso evaluar el manejo de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*, a través de la utilización de *Bacillus subtilis* como un medio de prevención parcial o total para estas enfermedades. A manera de aumentar la cantidad de vainas aceptadas para exportación debido a que se tendrá producto sin contaminación química y se podrá llegar a otros mercados a los cuales la producción orgánica es aceptada.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

- Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* sobre la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en la producción orgánica de ejote francés variedad Serengeti en Finca Vista Volcanes Chimaltenango.

### 4.2. ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de cinco dosis de *Bacillus subtilis* sobre la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*.
- Determinar el rendimiento de vainas sanas partiendo de la aplicación de la bacteria *Bacillus subtilis* por cada tratamiento.
- Determinar beneficio/costo de la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de ejote francés variedad Serengeti por cada tratamiento.

## 5. HIPÓTESIS

- Al menos una dosis de *Bacillus subtilis* tiene un efecto preventivo sobre *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en la producción de ejote francés variedad Serengeti.
- Al menos un tratamiento de *Bacillus subtilis* mejora el rendimiento de las vainas del ejote francés variedad Serengeti.
- Al menos un tratamiento con *Bacillus subtilis* ofrecerá una buena relación beneficio/costo en el cultivo de ejote francés variedad Serengeti.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El proyecto se llevó a cabo en la Finca Vista Volcanes, Km. 51.8 400 metros al sur parcela 142 La Alameda, Chimaltenango, Guatemala. Extensión: Coordenadas: Latitud 14°38'43.0"N. Longitud 90°47'56.7"O. con una altitud de 1767 msnm; con suelos franco-arenosos. Según Holdridge este lugar consta de un bosque húmedo montano subtropical con una precipitación pluvial de 1183 mm, la temperatura oscila entre 12 a 25 grados centígrados.

### 6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

El material evaluado fue la bacteria *Bacillus subtilis*, con el nombre comercial de Vistabacillus S. SC.

### 6.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El mismo tratamiento a diferentes dosis se aplicó tanto para el control de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*, con mochila aspersora marca JACTO, con capacidad de 22 lts. se aplicaron 6 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, la primera aplicación con sus diferentes dosis se realizó directamente al suelo, las siguientes aplicaciones se realizaron al follaje para cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos para el control de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en el cultivo de ejote francés orgánico.

No. Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis Producto l/ha
T1	<i>Bacillus subtilis</i>	0.75
T2	<i>Bacillus subtilis</i>	1
T3	<i>Bacillus subtilis</i>	1.25
T4	<i>Bacillus subtilis</i>	1.5
T5	<i>Bacillus subtilis</i>	1.75
TESTIGO	<i>Bacillus subtilis</i>	0

#### **6.4. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se implementó el diseño de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

#### **6.5. MODELO ESTADÍSTICO**

El modelo estadístico utilizado en este diseño experimental fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ji}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$U$  = Media general

$T_i$  = es el efecto de los tratamientos

$B_j$  = Efecto de los bloques

$E_{ij}$  = Error experimental.

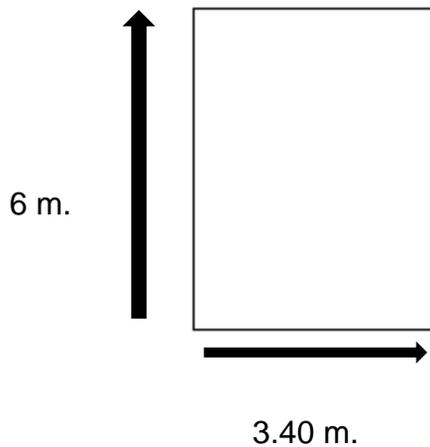
#### **6.6. UNIDAD EXPERIMENTAL**

La unidad experimental se desarrolló bajo macro túnel, consistió en 3 surcos, con un ancho de cama de 0.60 m. 1.20 m. entre surcos y largo de líneas de 6 m. la siembra fue a doble hilera en tresbolillo con 10 cm. entre posturas, y 0.20 m. entre líneas. Con un área total de 20.4 m<sup>2</sup> con un total de 120 plantas por surco, para un total de 360 plantas.

### 6.6.1. Parcela bruta

Consistió en 3 surcos con un ancho de 3.40 m. y 6 m. de largo con un distanciamiento de 1.20 m. entre surcos, sembrando a doble hilera al tresbolillo y 10 cm. entre posturas, y 0.20 m. entre líneas (figura 1)

- Área total: 20.4 m<sup>2</sup>
- No. de surcos: 3 a doble hilera
- Distancia entre surcos: 1.20 m
- Largo de surco: 6 m.
- Plantas por surco: 120
- Plantas totales: 360

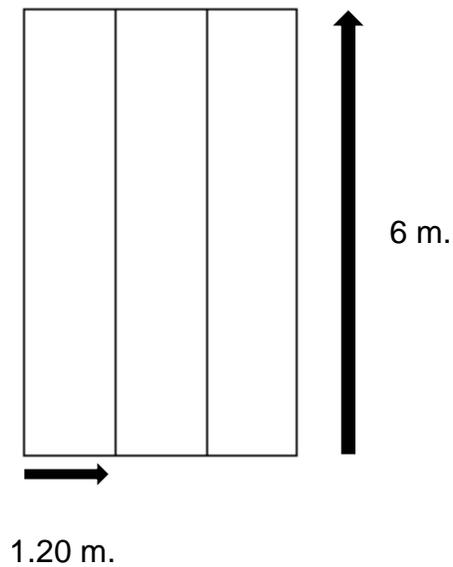


**Figura 1.** Parcela bruta para la cosecha del cultivo de ejote francés variedad Serengeti.

### 6.6.2. Parcela neta

La parcela neta consistió en 3 surcos con un distanciamiento de 1.20 m. entre surcos, una cama de 60 cm. de ancho y un largo de 6 m. (figura 2)

- Área total: 10.80 m<sup>2</sup>.
- No. de surcos: 3 a doble hilera
- Distancia entre surcos: 1.20 m.
- Largo de surcos: 6 m.
- Plantas por surco: 120
- Plantas totales: 360



**Figura 2.** Parcela neta para la cosecha del cultivo de ejote francés variedad Serengeti.

## 6.7. CROQUIS DE CAMPO

<b>Bloque 1</b>	T2	T3	TESTIGO	T1	T4	T5
<b>Bloque 3</b>	T5	T4	T3	T1	TESTIGO	T2

<b>Bloque 2</b>	T3	T1	T5	T4	T2	TESTIGO
<b>Bloque 4</b>	T2	T3	T1	T5	TESTIGO	T4

*Figura 3.* Croquis de campo

## 6.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.8.1. Preparación del terreno

Se utilizó un rotatiller para eliminar malezas del suelo y suavizarlo, posteriormente se realizó el trazo de la parcela experimental.

### 6.8.2. Instalación de Macro Túnel

Se colocó macro túnel con tela no tejida marca agryl con arcos de metal de 3.40 mts. de ancho y 2.15 mts. De altura en el centro, largo de 36 mts. con 0.60 mts. entre calles.

### 6.8.3. Colocado de cinta de goteo y acolchado

Se colocó de manera manual, la cinta de goteo y posteriormente se instaló nylon de polipropileno conocido comúnmente como acolchado, color plata negro, sobre cada surco.

### 6.8.4. Siembra

La siembra de ejote francés variedad Serengeti se realizó tres días después de preparado el surco, de forma manual con doble hilera a 0.20 m. de distancia entre ellas y 0.10 entre posturas, colocando una semilla por postura.

### **6.8.5. Riego**

Se realizaron riegos diarios utilizando manguera de cinta con goteros a 0.20 cms de distancia con descargas a 2.5 l/h marca ASUD.

### **6.8.6. Fertilización y aplicación de productos biológicos**

3 días antes de la siembra se aplicó directamente sobre el suelo lo siguiente:

- Gallinaza: A razón de 100 qq/ha.
- Fertilizante Vistaorganic: A razón de 3 qq/ha.
- Aplicación de Pochovista: Ingrediente activo *Pochonia chlamydosporia* a razón de 1 lt/ha para el control de nematodos.
- Aplicación de microorganismos eficientes: Ingrediente activo bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras a razón de 1 l/ha como bioestimulante.
- Aplicación de Trichovista: Ingrediente activo *Trichoderma harzianum*, a razón de 1 kg/ha para el control de hongos del suelo.

### **6.8.7. Tutorado**

Se realizó tutorado con pines de metal y se colocaron a metro y medio de distancia.

### **6.8.8. Control de malezas**

El control de malezas se realizó de manera manual.

### **6.8.9. Control de plagas insectiles**

Se aplico con mochila aspersora JACTO de 22 lts. pochovista de ingrediente activo *Pochonia chlamydosporia*, a razón de 1 l/ha.

### **6.8.10. Muestreo y medición de variables de respuesta.**

El muestreo se realizó a los 20, 40, 60 días.

Para medir la incidencia se contabilizaron las plantas enfermas o afectadas por roya o antracnosis, realizando una operación matemática que determinó el porcentaje de incidencia misma. Para el

cálculo de severidad, se utilizó tabla de intensidad y se realizó una operación matemática para determinar el % de severidad.

#### **6.8.11. Aplicación de *Bacillus subtilis***

3 días antes de la siembra se aplicó Vistabacillus S. SC. directamente al suelo según dosis evaluadas por cada tratamiento; 14 días después de la siembra se aplicó Vistabacillus S. SC. Según dosis evaluadas por cada tratamiento, la aplicación se realizó con mochila aspersora marca JACTO de 22 lts. directamente sobre el follaje, aplicando cada 7 días con una concentración de  $1.3 \times 10^{12}$  UFC/L.

#### **6.8.12. Cosecha**

La cosecha se realizó de manera manual, se inició a los 55 después de haber iniciado el experimento y se finalizó a los 75 días.

### **6.9. VARIABLES DE RESPUESTA**

- Incidencia de roya: Para el cálculo de la incidencia se contó el número de plantas con síntomas de la enfermedad por cada tratamiento; se utilizó la siguiente formula:

$$(\%) I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Numero total de plantas}} \times 100$$

- Incidencia de antracnosis: Para el cálculo de la incidencia se contó el número de plantas con síntomas de la enfermedad, por cada tratamiento se utilizó la siguiente formula:

$$(\%) I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Numero total de plantas}} \times 100$$

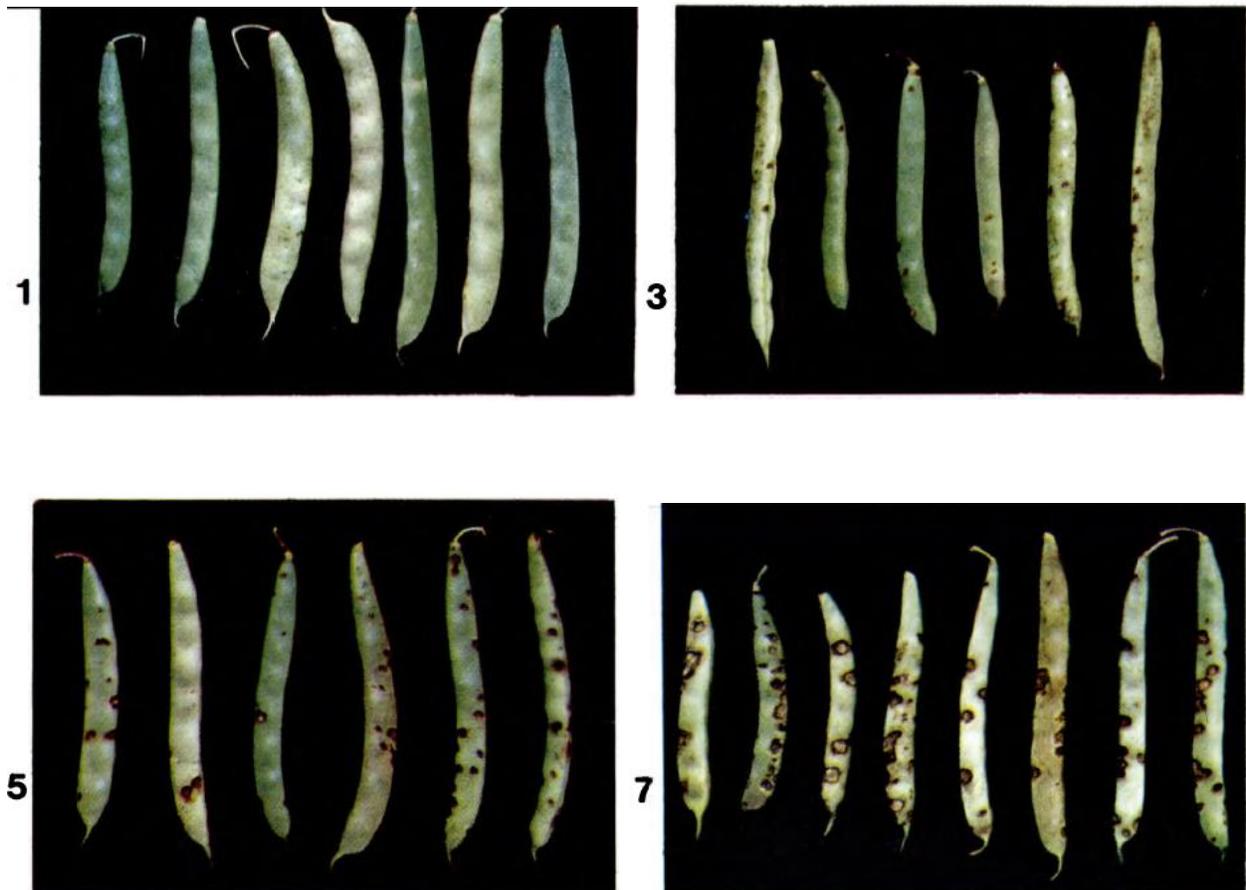
- Severidad de antracnosis:

Para el cálculo de severidad de antracnosis se utilizó el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.** Severidad de antracnosis.

Clase	Planta (% daño)
1	Sin síntomas visibles de la enfermedad
3	1% del área foliar afectada
5	5% de superficie de vaina afectada
7	10% de superficie de vaina afectada
9	+ del 25% de la planta afectada

(CIAT, 1991)





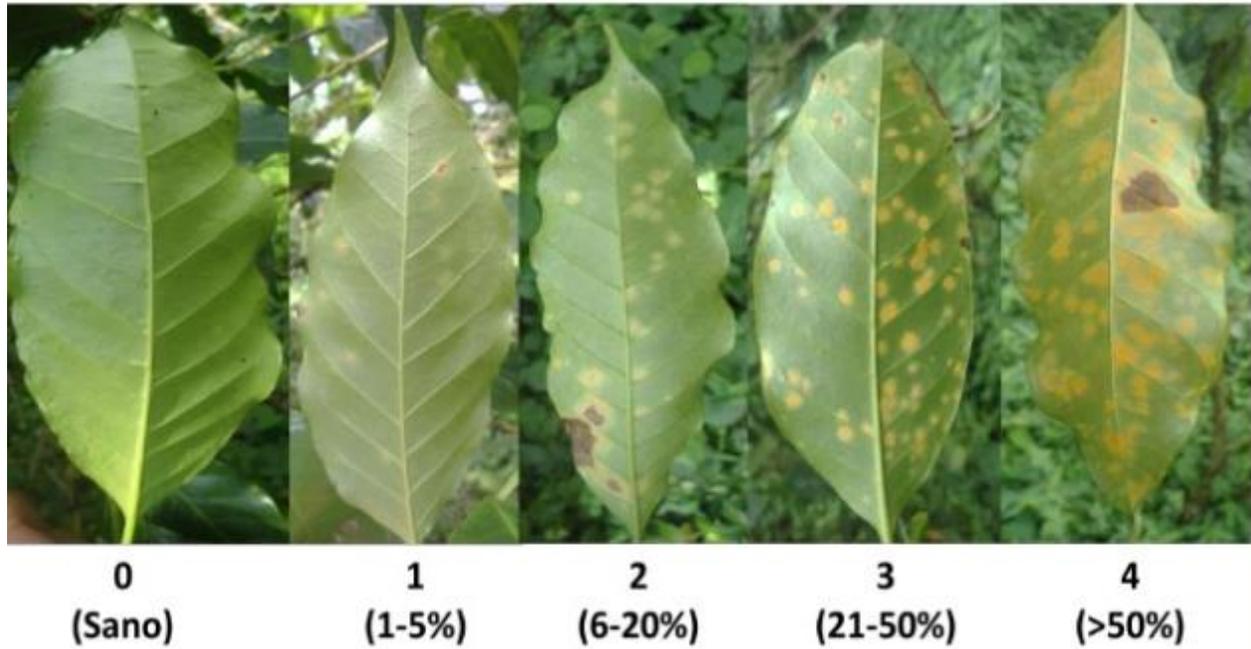
**Figura 4.** Vainas de frijol en que se aprecian las nueve categorías de enfermedad usadas para evaluar la reacción del ejote a la antracnosis.

Para el cálculo de la severidad de roya se utilizó la siguiente tabla:

**Cuadro 5.** Severidad de roya

Clases	Hoja (% daño)
0	Sano sin síntomas visibles
1	1-5% de área afectada
2	6-20% de área afectada
3	21-50% de área afectada
4	+50% de área afectada

(Barea, 2006)



**Figura 5.** Severidad de roya.

Barea, (2006) para determinar el porcentaje de severidad de antracnosis y roya en hojas y vainas de ejote francés se realizó la siguiente operación matemática:

$$\% S = \frac{\text{hojas enfermas}}{\text{total de hojas}}$$

total de hojas

$$\% S = \frac{\text{vainas enfermas}}{\text{total de vainas}}$$

total de vainas

- Rendimiento de vaina en kg. / Ha.: Se pesó toda la cosecha de cada tratamiento manualmente en una balanza que pesa en libras, se realizó la equivalencia a kilogramos por hectárea (Barea, 2006).

## 6.10. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 6.10.1. Análisis estadístico

A las variables de respuesta anteriormente descritas se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una prueba de medias al 5% según Tukey, para las variables que presentan significancia estadística, utilizando el software INFOSTAT versión 2016I.

### **6.10.2. Análisis económico**

- Análisis de relación beneficio/costo.
- Análisis de la rentabilidad.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. INCIDENCIA DE ROYA

La incidencia es el parámetro que se utilizó para medir el nivel de daño que causó la enfermedad *Uromyces phaseoli* en el cultivo de ejote francés, se determinó de acuerdo con la formula descrita anteriormente. Se realizaron muestreos a los 20, 40 y 60 días durante el ciclo de producción, posteriormente se tabularon los resultados recopilados, se realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad para determinar si existió diferencia estadística entre tratamientos, los resultados obtenidos fueron transformados para asegurar normalidad, los cuales se presentan a continuación:

**Cuadro 6.** Análisis de varianza de incidencia utilizando *Bacillus subtilis* para el control de *Uromyces phaseoli* en ejote francés orgánico.

FV	GL	SC	CM	P<F
TRT	8	5179.12	647.39	0.000
Bloques	3	75.89	25.30	0.72
Error	15	840.73	56.05	
Total	23	6019.85		

CV= 24.73%

Se determinó que el coeficiente de variación fue 24.73% lo que significa que el experimento fue bien manejado y los datos son confiables. Se pudo determinar que existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de *Bacillus subtilis* para la variable incidencia. Por lo cual, se realizó la prueba de Tukey con una significancia del 95% para determinar el o los mejores tratamientos, obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro 7.** Prueba de Tukey de la variable incidencia utilizando *Bacillus subtilis* para el control de roya en ejote francés orgánico.

Tratamiento l/ha	Incidencia (%)	Literal
Testigo (0.00)	52.50%	A
1 (0.75)	45.83%	A
2 (1.00)	32.50%	B
3 (1.25)	17.50%	C
4 (1.50)	17.50%	C
5 (1.75)	15.83%	C

El testigo fue quien presentó mayor incidencia con 52.50% de plantas enfermas, mientras que los tratamientos en donde se utilizó *Bacillus subtilis* disminuyó significativamente la incidencia, por lo tanto, si produce un efecto controlador sobre la enfermedad.

## 7.2. SEVERIDAD DE ROYA

Para el cálculo de la severidad de roya se utilizó la formula descrita anteriormente para determinar el porcentaje de daño de roya en hojas de ejote francés.

**Cuadro 8.** Porcentaje de severidad de roya en ejote francés orgánico.

Tratamiento/Bloque	Dosis l/ha	I	II	III	IV
Testigo	0.00	27%	23%	27%	41%
1	0.75	13%	20%	27%	30%
2	1.00	15%	17%	16%	19%
3	1.25	9%	16%	10%	23%
4	1.50	14%	14%	19%	19%
5	1.75	32%	13%	3%	11%

A los datos obtenidos se les realizó una prueba de varianza y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Cuadro 9.** Análisis de varianza de la severidad utilizando *Bacillus subtilis* para el control de *Uromyces phaseoli* en ejote francés orgánico.

FV	GL	SC	CM	P<F
TRT	8	0.14	0.02	0.000
Bloques	3	0.02	0.01	0.55
Error	15	0.03	0.002	
Total	23	0.17		

CV= 23.28%

Se determinó que el coeficiente de variación fue 23.28%, lo que significa que el experimento fue manejado de una manera correcta y los datos son confiables. Se pudo determinar que existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de *Bacillus subtilis* para la variable severidad. Por lo cual, se realizó la prueba de Tukey con una significancia del 95% para determinar el o los mejores tratamientos, obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro 10.** Prueba de Tukey de la variable severidad utilizando *Bacillus subtilis* para el control de roya en ejote francés orgánico.

Tratamiento l/ha	Severidad (%)	Literal
Testigo (0.00)	31%	A
1 (0.75)	26%	A
2 (1.00)	16%	B
3 (1.25)	16%	B
4 (1.50)	15%	C
5 (1.75)	10%	C

El testigo fue quien presentó mayor incidencia con 31% de hojas enfermas, mientras que los tratamientos en donde se utilizó *Bacillus subtilis* disminuyó significativamente la severidad, por lo tanto, si produce un efecto controlador sobre la enfermedad.

### 7.3. INCIDENCIA ANTRACNOSIS

La incidencia se utilizó para medir el nivel de daño que causó la enfermedad *Colletotrichum lindemuthianum* en el cultivo de ejote francés, se utilizó la formula descrita anteriormente. Se realizó muestreos a los 20, 40 y 60 días durante el periodo de investigación, posteriormente se realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad para determinar si existió diferencia estadística entre tratamientos, los resultados obtenidos fueron transformados para asegurar normalidad, los cuales se presentan a continuación:

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de la incidencia utilizando *Bacillus subtilis* para el control de *Colletotrichum lindemuthianum* en ejote francés orgánico.

FV	GL	SC	CM	P<F
TRT	5	5103.23	1020.65	0.0001
Bloques	0	0	0	sd
Error	18	916.62	50.92	
Total	23	6019.85		

CV= 23.57%

Se determinó que el coeficiente de variación fue 23.57% lo que significa que el experimento fue bien manejado y los datos son confiables. Se determinó que no existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de *Bacillus subtilis* para la variable incidencia. Por lo tanto, no se realizó prueba de Tukey.

#### 7.4. SEVERIDAD ANTRACNOSIS

Para el cálculo de la severidad de antracnosis se utilizó la fórmula descrita anteriormente para determinar el porcentaje de daño de antracnosis en hojas de ejote francés.

**Cuadro 12.** Porcentaje de severidad de antracnosis en ejote francés orgánico.

Tratamiento/Bloque	Dosis l/ha	I	II	III	IV
Testigo	0.00	41%	39%	33%	41%
1	0.75	41%	36%	34%	18%
2	1.00	20%	21%	34%	15%
3	1.25	10%	18%	5%	19%
4	1.50	6%	8%	11%	21%
5	1.75	17%	10%	4%	15%

A los datos obtenidos se les realizó una prueba de varianza y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Cuadro 13.** Análisis de varianza de la variable severidad utilizando *Bacillus subtilis* para el control de *Colletotrichum lindemuthianum* en ejote francés orgánico.

FV	GL	SC	CM	P<F
TRT	5	0.13	0.03	0.0001
Bloques	3	0.01	1.7	0.1130
Error	15	0.01	7.3	
Total	23	0.14		

CV=25.28%

Se determinó que el coeficiente de variación fue 25.28%, lo que significa que el experimento fue manejado de una manera correcta y los datos son confiables. Se pudo determinar que existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de *Bacillus subtilis* para la variable severidad. Por lo cual, se realizó la prueba de Tukey con una significancia del 95% para determinar el o los mejores tratamientos, obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro 14.** Prueba de Tukey de la variable severidad utilizando *Colletotrichum lindemuthianum* para el control de antracnosis en ejote francés orgánico.

Tratamiento l/ha	Severidad (%)	Literal
Testigo (0.00)	27%	A
1 (0.75)	11%	B
2 (1.00)	9%	B
3 (1.25)	8%	B
4 (1.50)	6%	B
5 (1.75)	5%	B

### 7.5. RENDIMIENTO EN kg/ha

El rendimiento del ejote francés se determinó al final de la cosecha. Los datos obtenidos en kg/ha se presentan a continuación:

**Cuadro 15.** Rendimiento en kg/ha para cada tratamiento evaluado en el cultivo de ejote francés, Finca Vista Volcanes, Chimaltenango.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio
Testigo	1,995.83	1,995.83	2,154.59	2,267.99	2,103.56
1	2,120.57	2,256.65	2,120.57	2,392.72	2,222.63
2	2,063.87	2,109.23	2,154.59	2,472.10	2,199.95
3	1,905.11	2,177.27	2,267.99	2,381.38	2,182.94
4	2,086.55	2,358.70	2,222.63	2,585.50	2,313.34
5	2,290.66	2,336.02	2,336.02	2,562.82	2,381.38

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza los cuales se indican a continuación:

FV	GL	SC	CM	P<F
TRT	5	336051314.02	1.93	0.39
Bloques	3	4201498699.07	1.93	0.00
Error	15	913853828.44	0.13	
Total	23	5451403841.54		

NS= No significativo al 5% de probabilidad de error CV= 13.03%

\*\*Altamente significativo al 5% de probabilidad de error.

De acuerdo con el coeficiente de variación se determinó que este fue 13.03%, por lo tanto, los datos son aceptables y se concluye que el manejo del experimento fue el adecuado.

Se determinó que no existe diferencia estadística significativa en cuanto a tratamientos, por lo tanto, el uso de *Bacillus subtilis* no influye sobre el rendimiento del cultivo de ejote francés.

No se realizó una prueba de Tukey de las medias obtenidas del rendimiento por tratamiento ya que la diferencia no es significativa.

## 7.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se tomaron en cuenta los costos realizados; así también el ingreso proyectado para una producción en kilogramos por hectárea. El indicador económico elegido fue la relación Beneficio/Costo.

**Cuadro 16.** Costos de producción para cada tratamiento en el cultivo de ejote francés variedad Serengeti

Tratamiento	Costo/ha
Testigo	Q.68,540.50
1	Q.70,348.50
2	Q.70,668.50
3	Q.70,828.50
4	Q.70,988.50
5	Q.71,148.50

La diferencia de costos en la utilización de *Bacillus subtilis* para todos los tratamientos y el testigo fue debido a que el testigo fue absoluto, se colocó costo de macro túnel, pero cabe mencionar que para las próximas cosechas se debe descontar el costo de la estructura metálica, y pines de hierro que se utilizaron para realizar el tutorado.

Así mismo se presenta los ingresos obtenidos por la comercialización del ejote francés y el precio.

**Cuadro 17.** Ingresos obtenidos por cada tratamiento

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Precio cuatro pinos	Ingresos
Testigo	2,103.56	Q.6.00	Q.27,825.05
1	2,222.63	Q6.00	Q.29,400.06
2	2,199.95	Q.600	Q.29,100.05
3	2,182.94	Q.6.00	Q.28,875.05
4	2,313.34	Q.6.00	Q.30,599.93
5	2,381.38	Q.6.00	Q.31,499.94

En base a los costos e ingresos obtenidos, se realizó el análisis beneficio/costo para cada tratamiento, los cuales se presentan a continuación:

**Cuadro 18.** Relación beneficio/costo, para el rendimiento en kg/ha de ejote francés variedad Serengeti.

Tratamiento	Costos/ha	Ingresos/ha	Beneficio/Costo
Testigo	Q.68,540.50	Q.27,825.05	0.41
1	Q.70,348.50	Q.29,400.06	0.42
2	Q.70,668.50	Q.29,100.05	0.41
3	Q.70,828.50	Q.28,875.05	0.41
4	Q.70,988.50	Q.30,599.93	0.43
5	Q.71,148.50	Q.31,499.94	0.44

El cuadro anterior muestra el beneficio/costo para cada tratamiento evaluado para el control de *Uromyces phaseoli* siendo el tratamiento en el que se utilizó 1.75 l/ha es el que presenta mayor beneficio, cabe mencionar que los costos para la segunda cosecha disminuirán y el beneficio/costo aumentará, debido a que ya no se tiene que invertir en la estructura del macro túnel ni en los pines para el tutorado.

## 8. CONCLUSIONES

- Se determinó que el tratamiento en el que se utilizó 1.75 l/ha es el más efectivo para el control de roya y antracnosis además se pudo determinar que existió diferencia estadística significativa en cuanto al uso de *Bacillus subtilis* para la variable severidad en roya.
- La evaluación de las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* no fue significativo en relación con el rendimiento de vainas sanas; por lo tanto, su uso, no influye sobre el rendimiento del cultivo de ejote francés.
- De acuerdo con el análisis económico realizado, el tratamiento en que se evaluó 1.75 l/ha presentó mayor beneficio/costo en la comercialización internacional del ejote francés variedad Serengeti por kilogramo (\$.0.80) en relación con los otros tratamientos (\$.0.40), por lo tanto, el tratamiento cinco es el más rentable.

## 9. RECOMENDACIONES

- Dentro de los productores que participan en la producción y comercialización de productos no tradicionales como el ejote francés, es importante estandarizar las buenas prácticas agrícolas (BPAs) y las buenas prácticas de manufactura (BPMs) con el fin de hacer sistemas de producción más eficientes que representen mejores utilidades para el productor y por consiguiente un mayor beneficio socioeconómico para el país, siendo viable la aplicación de *Bacillus subtilis* sobre la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum* en el ejote francés variedad Serengeti
- Es importante que los agricultores involucrados en la producción de ejote francés variedad Serengeti, conozcan los beneficios de la aplicación de *Bacillus subtilis* sobre la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*, y apliquen buenas prácticas para lograr menos producto de rechazo.
- Para que se obtenga una mejor rentabilidad se recomienda la aplicación del quinto tratamiento en la aplicación de *Bacillus subtilis* sobre la incidencia y severidad de *Uromyces phaseoli* y *Colletotrichum lindemuthianum*, para el ejote francés variedad Serengeti.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Barea, G (2006). Patometria <https://es.slideshare.net/jesusmamani961/patometria-incidencia-y-severidad>
- Burdon, K. (1985). Microbiología 6a. ed. Trad. Antonio Anguera. México D.F. Ediciones Publicaciones Culturales.
- Casseres, E. (1996). Producción de Hortalizas. Editorial IICA, quinta edición. Peru, 198p.
- CIAT (1991). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol.
- Guerrero, J. (2014). Beneficios de *Bacillus subtilis* en tomate (20 de marzo de 2017) <http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/biorracional-organico/los-beneficios-de-b-subtilis-en-tomates/>
- ICA. (2004). INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (21 de marzo de 2017) <http://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/RESOLUCIONES-DEROGADAS/RESOLUCION-375-DE-2004.aspx>
- Linares, J. Oliva, L. P., Dueñas, J. Buides, J. y Ferrer, S. (2005). Estudios relacionados con el uso del *Bacillus subtilis* en el control de hongos fitopatógenos. *Revista Agrotecnia de Cuba, Edición Especial diciembre 2005*. La Habana, Cuba.
- MAGA, (2014). Perfil comercial ejote francés, Guatemala.
- Pankurst, C. (1997). Biological Indicators of Soil Health. CAB International. Washington, USA.
- Parsons, D. (1981). Frijol y chícharo. Editorial Trillas S.A. México. 58p.
- Roveda, G. Ramirez, M. y Bonilla, R. (2007). Uso de Microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora Corpoica Tibaitata. Editorial Produmedios, Bogotá, Colombia

Sanchez, F. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. Bionatura. Volumen 1/Numero 3. Imbabura, Ecuador.

Schaart, G. (2012). Sistematización de experiencias en la producción de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), (Tesis de pregrado) para exportación. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Villela, J. (1992). El cultivo del ejote francés, Ministerio de Agricultura y Alimentación Proyecto de Desarrollo Agrícola G de G / AID 520-0274 USAID -GUATEMALA, Guatemala, 40p.

## 11. ANEXOS

### 11.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.

