

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

EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE *Bacillus pumilus* SOBRE *Fusarium oxysporum* EN EL
CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS
TESIS DE GRADO

ANDREA LISSETH PINEDA SALGUERO
CARNET 23939-14

ESCUINTLA, NOVIEMBRE DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE *Bacillus pumilus* SOBRE *Fusarium oxysporum* EN EL
CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS

TESIS DE GRADO

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

POR

ANDREA LISSETH PINEDA SALGUERO

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

ESCUINTLA, NOVIEMBRE 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. OSCAR ROLANDO SALAZAR CUQUE

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

Guatemala 09 de noviembre de 2018

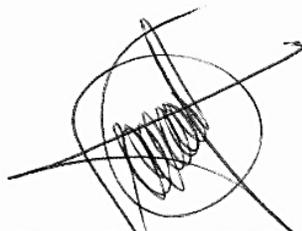
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Andrea Lisseth Pineda Salguero, carné 23939-14, titulado: “EFECTO DE CONCENTRACIONES DE *Bacillus pumilus* SOBRE *Fusarium oxysporum* EN EL CULTIVO DE EJOTE FRANCES ORGÁNICO”.

Que considero cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of a circular scribble with a horizontal line through it, and several diagonal strokes extending from the center.

Ing. Oscar Rolando Salazar Cuque

Colegiado no. 1628

Cod. URL 3734



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 061060-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante ANDREA LISSETH PINEDA SALGUERO, Carnet 23939-14 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06205-2018 de fecha 5 de noviembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE *Bacillus pumilus* SOBRE *Fusarium oxysporum* EN EL CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de noviembre del año 2018.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, DECANA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y por darme la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación como profesional.

Ing. Oscar Salazar Cuque, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Jurandir Terreaux encargado del área de hortalizas de la ENCA, por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

DEDICATORIA

- A Dios: Por su misericordia al haberme dado la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida y ser el primer elemento de amor, paciencia, vida y salud para mí el poder estar presente en estos momentos buenos y malos logrando alcanzar mi meta.
- A mis padres: Andrea Yobani Pineda Peralta y Alma Maritza Salguero Aguilar por su motivación y apoyo en toda mi carrera y en mi vida; mi admiración para ellos que son un ejemplo de vida para mí y que comparten con mi persona esta meta alcanzada, a ellos un profundo y sincero agradecimiento.
- A mis hermanos: Francisco Josué Pineda Salguero, Luis Fernando Pineda Salguero, Ana Sofía Pineda Salguero a ustedes que sin lugar a duda han sido inspiración y ejemplo para no rendirme y ser parte de este momento tan importante.
- A mi abuelita: Por sus oraciones y su apoyo incondicional gracias por ser parte de esta meta.
- A mi familia: Yessenia Ortega, Dayana Pineda, Luis Andre Pineda, Marissa Pineda por ser un gran apoyo en todo el proceso y desarrollo de mi carrera gracias.
- A mi amiga: Heidy Margarita Ayala por su apoyo incondicional por ser un gran equipo de trabajo para nuestra formación profesional mis más sinceros agradecimientos.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
INDICE DE CONTENIDO	i
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Aspectos económicos	3
2.2. Aspectos sociales	7
2.3. Enfermedades del cultivo	9
2.4. Antecedentes del uso de <i>Bacillus pumilus</i> como fungicida	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	17
4. OBJETIVOS	19
4.1. Objetivo general	19
4.2. Objetivos específicos	19
5. HIPÓTESIS	20
5.2. Hipótesis alternativa	20
6. METODOLOGÍA	21
6.1. Localización	21
6.2. Material experimental	22
6.3. Factor de estudio	23
6.4. Descripción de los tratamientos	23
6.5. Diseño experimental	24
6.6. Modelo estadístico	24
6.7. Unidad experimental	25
6.8. Croquis de campo	25
6.9. Manejo del experimento	26
6.10. Variables de respuesta	28
6.11. Análisis de la información	29

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
7.1. Incidencia de <i>Fusarium</i>	30
7.2. Peso fresco y seco de la planta (g)	32
7.3. Rendimientos de vainas verdes en kg/há	40
8. CONCLUSIONES	42
9. RECOMENDACIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA	44
11. ANEXOS	48

INDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Producto interno bruto medido por el origen de la producción, años 2013 - 2016 (millones de quetzales de cada año).	4
Tabla 2. Características del ejote francés variedad Serengueti.	23
Tabla 3. Descripción de los tratamientos.	24
Tabla 4. Programa de fertilización utilizado en el experimento.	27
Tabla 5. Descripción de la aplicación de <i>Vistabacillus pumilus</i> por tratamiento.	28
Tabla 6. Análisis de varianza no paramétrico de Friedman para la variable incidencia a los 20 dds.	31
Tabla 7. Análisis de varianza no paramétrica de Friedman al 1 % de significancia para la variable incidencia a los 20 dds.	31
Tabla 8. Análisis de varianza no paramétrico de Friedman para la variable incidencia a los 40 dds.	31
Tabla 9. Analisis de varianza para la variable peso fresco a los 20 dds.	32
Tabla 10. Prueba multiple de medias para la variable peso fresco a los 20 dds.	33
Tabla 11. Analisis de varianza para la variable peso fresco a los 40 dds.	33
Tabla 12. Prueba multiple de medias para la variable peso fresco a los 40 dds.	34
Tabla 13. Analisis de varianza para la variable peso fresco a los 60 dds.	34
Tabla 14. Prueba múltiple de medias para la variable peso fresco a los 60 dds.	35
Tabla 15. Analisis de varianza para la variable peso seco a los 20 dds.	36
Tabla 16. Prueba multiple de medias para la variable peso seco a los 20 dds.	36
Tabla 17. Analisis de varianza para la variable peso seco a los 40 dds.	37
Tabla 18. Prueba multiple de medias para la variable peso seco a los 40 dds.	37
Tabla 19. Analisis de varianza para la variable peso seco a los 60 dds.	38
Tabla 20. Prueba multiple de medias para la variable peso seco a los 60 dds.	39
Tabla 21. Rendimiento de vainas verdes en kg/ha.	40
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento.	40
Tabla 23. Prueba multiple de medias para la variable rendimiento.	41
Tabla 24. Tabla actividades economicas Guatemala	59
Tabla 25. Fechas de corte	59
Tabla 26. Cronograma de actividades	60
Tabla 27. Porcentaje de incidencia	60
Tabla 28. Promedios de plantas en pf/ps	61

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Distribucion de las unidades experimentales	25
Figura 2. Croquis del experimento	26
Figura 3. Porcentaje de incidencia del patógeno <i>F. oxysporum</i> por efecto de los tratamientos.	30
Figura 4. Promedio de peso fresco por planta (gramos) medido a los 20, 40 y 60 dds	32
Figura 5. Promedio de peso seco por planta (gramos) medido a los 20, 40 y 60 dds	35
Figura 6. Plantas pequeñas y marchitas con las hojas inferiores amarillas.	48
Figura 7. Plantas pequeñas y marchitas distribuidas en focos.	48
Figura 8. Raíces y tallos con lesiones color café rojizo a café oscuro	48
Figura 9. Certificado de compatitividad con agricultura orgánica del producto <i>Vistabacillus Pumilus</i> .	49
Figura 10. Trazo del experimento y distribución de tratamientos.	49
Figura 11. Medición de posturas y ahoyado.	49
Figura 12. Siembra de ejote francés.	50
Figura 13. Germinación de la planta de ejote francés.	50
Figura 14. Primera etapa de desarrollo en ejote francés.	50
Figura 15. Desarrollo del cultivo de ejote francés.	51
Figura 16. Incidencia de <i>fusarium oxyporum</i> .	51
Figura 17. Síntomas de <i>Fusarium oxysporum</i> en hojas.	51
Figura 18. Muerte de plantas por incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> .	52
Figura 19. Tallo de la planta de ejote francés en medio PDA.	52
Figura 20. Hojas de la planta de ejote francés en medio PDA.	52
Figura 21. Raíz y suelo de la planta de ejote francés en medio PDA.	53
Figura 22. Suelo del área del experimento en medio PDA.	53
Figura 23. Montaje de estructura de hojas.	53
Figura 24. Conidios de <i>fusarium oxysporum</i> multicelulares y unicelulares realizado por medio de montaje.	54
Figura 25. Lavado de planta de ejote francés.	54
Figura 26. Muestras obtenidas para pesaje.	54
Figura 27. Peso fresco de la planta ejote francés.	55
Figura 28. Tutoros en la planta ejote francés.	55
Figura 29. Vainas verdes de la planta de ejote francés.	55
Figura 30. Cosecha de ejote francés.	56
Figura 31. Pesaje de vainas verdes de la planta de ejote francés.	56
Figura 32. Informe de análisis de laboratorio fitopatológico de tallos, hojas, raices y suelo.	58

EFECTO DE CONCENTRACIONES DE *Bacillus pumilus* SOBRE *Fusarium oxysporum*

EN EL CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS

RESUMEN

Fueron evaluadas concentraciones de *Bacillus pumilus* sobre el patógeno *Fusarium oxysporum* en ejote francés bajo las condiciones edafoclimáticas de Barcenas, Villa Nueva, Guatemala. La investigación se realizó de marzo a mayo de 2018, utilizando un diseño experimental bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron a) incidencia del patógeno; b) peso fresco y peso seco de la planta medidos en gramos y, c) rendimiento midiendo el peso fresco de legumbres verdes en kilogramos por hectárea. Los resultados de laboratorio, a partir de muestras de plantas, demostraron la presencia del patógeno en tallo, hoja y raíces, y suelo. En la variable peso fresco, medido a los 60 días después de la siembra, se observó efecto de la aplicación de *Bacillus pumilus* sobre el patógeno porque se observó mejor desarrollo del cultivo, habiendo encontrado diferencias significativas en los tratamientos 5 y 4 donde los pesos promedios fueron de 235.29 y 231.80 gramos por planta, respectivamente. Al analizar el rendimiento se encontró que el tratamiento número 5, con la dosis de 1.75 litros por hectárea del fungicida, es estadísticamente diferente a los otros tratamientos con un promedio de 17,857.63 kilogramos por hectárea y es la más conveniente para los agricultores; le sigue en importancia el tratamiento 4 con 15,795.23 kilogramos por hectárea y que corresponde a la dosis de 1.43 litros por hectárea; en todos los casos se realizaron cinco cortes en un periodo de tres semanas.

1. INTRODUCCIÓN

La economía guatemalteca se sustenta principalmente en la agricultura, prueba de ello, en el año 2015 el aporte al Producto Interno Bruto –PIB-, fue de Q51, 160.90 millones, equivalente al 10.48% del PIB nacional, mientras que en el año 2016 fue de Q52, 251.70 millones, equivalente al 10%, ocupando un lugar importante en este aspecto las exportaciones de productos no tradicionales, entre los que destacan las hortalizas (BANGUAT, 2016).

El cultivo de ejote francés forma parte de los productos de importancia económica para el mercado externo de Guatemala. Inicia su auge el año 1977, en la época de recuperación posterremoto, movimiento telúrico que afectó principalmente el altiplano central del país el año 1,976 y en esa época fue la Comunidad Suiza la que incursionó desarrollando programas de reconstrucción y fomento de la economía de las áreas del altiplano central, promoviendo los huertos familiares para autoconsumo y el excedente de producto era llevado a los mercados cercanos y de la capital para su comercialización.

Con el crecimiento económico de las comunidades, surgen y se desarrollan nuevas empresas que fomentan el cultivo de los mini vegetales incluido el ejote francés (*Phaseolus vulgaris*) (Agronegocios, 2010).

Actualmente, Guatemala ha logrado ubicarse como uno de los países productores de ejote francés más importantes de latinoamérica. El éxito de esta actividad productiva se debe a la demanda de los mercados internacionales y a la capacidad que el país tiene a través de sus agricultores de producir todo el año, a precios competitivos, con buena calidad cumpliendo las especificaciones internacionales. Sin embargo, el bajo nivel académico de los productores y la dinámica que se lleva a cabo en el mercadeo internacional, han afectado significativamente en no lograr los niveles óptimos de eficiencia en los procesos productivos, lo que ha significado que el impacto en la economía de los productores, de las empresas agro exportadoras y del país aún no sea el ideal (Agronegocios, 2010).

En los últimos años, la Escuela Nacional Central de Agricultura, ubicada en el municipio de Barcenás, ha realizado esfuerzos para favorecer la producción orgánica del cultivo del ejote francés, cumpliendo con las demandas y estándares de calidad que los mercados internacionales exigen, velando por que se tomen en cuenta las medidas adecuadas para que el producto dirigido a los mercados de exportación llene los requisitos necesarios de aceptación internacional aprovechando el gran auge por utilizar productos amigables con el ambiente, entre ellos, los microorganismos eficientes, que pueden controlar los hongos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sp.*, y *Rizoctonia sp.*, patógenos que afectan considerablemente el sistema radicular del cultivo; de esta manera, se buscan mecanismos para hacer que este cultivo sea más sostenible por su eficiencia, competitividad y rentabilidad y que genere oportunidades de desarrollo que se vean reflejadas en la mejora de la calidad de vida de los pequeños productores de la región, siendo necesario evaluar insumos que favorezcan estos aspectos (Navas, 2017).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos económicos

Para Polanco (2009), el cultivo del ejote francés corresponde a los productos no tradicionales, perecederos y de agro exportación, que genera divisas a Guatemala y, además proporciona la oportunidad de diversificar la agricultura e intensificar el uso de la tierra y mano de obra en las zonas del altiplano central y occidental. Según sus registros, el año 1986 se sembraron en Guatemala 10 ha de ejote francés. El año siguiente el área se incrementó cinco veces más (50 hectáreas); para 1988 se tenían cultivadas 105 hectáreas; finalmente para el año 2003 el área cultivada de ejote francés fue de 233 hectáreas y de ejote en general 1,000 hectáreas.

El ejote francés no se encuentra en la actualidad entre los primeros seis cultivos de importancia para Guatemala; sin embargo, en el occidente y en menor proporción en el norte del país, se produce esta hortaliza en cantidades relativamente grandes desplazando a la arveja china del primer lugar de las exportaciones de cultivos no tradicionales (Polanco, 2009).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- en su informe del año 2014, manifiesta que el año 2012 Guatemala exportó 537 toneladas de ejote francés a la Unión Europea y que ningún otro país de la región tiene registradas exportaciones a la UE para este producto y los principales destinos de las exportaciones de Guatemala han sido Reino Unido con 535 tm, y España con 2.0 tm (MAGA, 2014).

La Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional –USAID-, encontró que la mayoría del ejote francés vendido en Estados Unidos es producido fuera de ese país y estima que México tiene un 40% de participación en este mercado, Guatemala 20%, República Dominicana 10% y el resto proviene de África y Europa Occidental y que cada vez son más los agricultores que se dedican a la producción de ejote francés en Guatemala, por lo que los volúmenes presentes en el mercado a veces exceden el consumo. Los precios en la actualidad han mostrado un promedio de US\$ 7 por caja de 5 libras, precio que deja márgenes de ganancia al productor (USAID, 2003).

El Banco de Guatemala, en su informe del Producto Interno Bruto de los años 2013 al 2016, manifiesta que el rubro de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca ocupó el cuarto lugar de importancia en la generación de ingresos para el país (Tabla 1).

Tabla 1.

Producto interno bruto medido por el origen de la producción, años 2013 - 2016 (millones de quetzales de cada año).

	2013	2014	2015	2016
Actividades económicas				
1. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	44,988.0	48,585.1	51,160.9	52,251.7
2. Explotación de minas y canteras	7,813.2	10,069.2	8,620.1	7,566.4
3. Industrias manufactureras	80,720.7	85,271.2	90,298.5	95,766.8
4. Suministro de electricidad y captación de agua	9,790.8	10,537.3	11,526.9	12,784.9
5. Construcción	17,278.5	18,243.7	18,963.	19,780.2
6. Comercio al por mayor y al por menor	82,646.2	91,186.4	105,531.3	120,857.5
7. Transporte, almacenamiento y comunicaciones	31,844.5	33,669.3	37,064.8	40,193.4
8. Intermediación financiera, seguros y actividades auxiliares	14,301.0	15,398.4	16,608.8	17,581.5
9. Alquiler de vivienda	33,019.3	34,247.4	35,454.3	36,763.9
10. Servicios privados	57,254.6	60,272.5	63,445.9	66,878.3
11. Administración pública y defensa	31,425.1	34,093.1	36,731.7	39,000.3
(-) Servicios de Intermediación Financiera Medidos. Indirectamente -SIFMI-	12,829.9	13,788.3	14,388.7	14,891.1
(+) Impuestos netos de subvenciones a los productos	24,845.8	26,267.5	27,110.0	28,060.2
PRODUCTO INTERNO BRUTO	423,097.7	454,052.8	488,128.2	522,593.9

Fuente: Banguat, 2016.

De acuerdo con la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica –SIECA-, durante el año 2013 Guatemala registró exportaciones de ejote francés al resto de la región, por valor de US\$109 mil, correspondientes a 627 toneladas (MAGA, 2014).

La producción de hortalizas puede ser muy arriesgada, porque los precios comerciales a veces son tan bajos que no cubren los costos, y por ello se oye frecuentemente la petición de los agricultores que se compre la producción a precios fijos. Siempre que se han adoptado soluciones de este tipo, los agricultores han respondido ampliando la producción, ya que los precios oficiales garantizan su rentabilidad y eliminan los riesgos. En muchos casos, la producción no guarda ninguna relación con la demanda y por ello ha sido necesario desechar grandes cantidades de productos (FAO, 2014).

El sistema de producción de ejote francés por contrato es característico de la región de Chimaltenango y corresponde a un sistema agrícola avanzado. Tiene la ventaja de que reduce las fluctuaciones de los precios y, por lo tanto, el riesgo de falta de mercado para el agricultor y la garantía en la calidad del producto por parte del comprador. Los contratos generalmente se conciertan entre los agricultores y las empresas que necesitan abastecerse. Podrían surgir problemas cuando se encuentran diferencias entre el precio acordado en el contrato y el precio en el mercado abierto, porque los agricultores prefieren una mayor ganancia inmediata causando daños a la empresa y se opta por no seguir negociando con este tipo de agricultor. Por otra parte, cuando las empresas cuentan con alta oferta del producto y esta supera sus demandas, a veces rechazan injustamente los productos, aduciendo que no cumplen con los requisitos de calidad, afectando económicamente al agricultor (FAO, 2014).

La División de Desarrollo de USAID/AGEXPORT, manifiesta que en los últimos 5 años se ha favorecido la ejecución del Proyecto Cadenas de Valor Rurales, como parte de la iniciativa global “Feed the Future”, trabajando en el fortalecimiento de la actividad productiva en los cultivos de hortalizas (ejote francés, arveja de grano, arveja china, arveja dulce, papa, cebolla), cardamomo, café, frutales y las artesanías en el Altiplano Occidental de Guatemala, específicamente en Totonicapán, Quetzaltenango y Quiché. La asistencia técnica brindada a los productores ha permitido consolidar los procesos productivos, y por lo tanto el comercio de sus

productos en mercados nacionales e internacionales, aumentando en 25% los rendimientos por hectárea de hortalizas, incrementando sus ventas en un 30%, propiciando la generación de más de 2 millones de jornales, equivalentes a 8 mil 404 empleos directos permanentes durante el período de intervención del proyecto lo que ha permitido a las familias obtener ingresos para el mejoramiento de sus condiciones de vida. En el área ixil, la asistencia técnica logró formar la mesa del café “Red de Organizaciones Productoras de Café del Ixil”, que está conformada por 12 MIPYMES, logrando la recuperación de la producción de más de 2 mil productores del área (Esquite, 2017).

La Fundación SARES siguió un proceso de identificar organizaciones que apliquen o hayan aplicado prácticas de postcosecha orientada a la recuperación de valor de mercado de productos rechazados. Es decir, un aprovechamiento de segundas o terceras calidades, entre ellas, Agrícola San Miguel, ubicada en Parramos, Chimaltenango, con la comercialización de calidades inferiores de productos agrícolas. Alimentos del Altiplano S.A., (INAPLASA - FEDECOAG) ubicada en Chiantla, Huehuetenango con la transformación de productos agrícolas. Finca Contreras, en San Raymundo, Guatemala, utilizando el rechazo para alimentación de ganado lechero. Cooperativa Agrícola y de Servicios Varios San Bartolo, en Chiantla, Huehuetenango, con la producción de Lombri-compost con rechazos de arveja china. Cooperativa Agrícola y de Servicios Varios San Bartolo, en Chiantla, Huehuetenango, produciendo alimentos para ganado lechero a partir del rechazo de arveja china y dulce. Asociación Comunitaria de Desarrollo Integral Pamqa Aj Ticonel (ACODIPA), de Aldea Rincón de los Leones, en Chiché, El Quiché. Asociación de Agricultores de Agro aldeas de la Región Ixil (AGROSIXIL), en Nebaj, El Quiche, con la producción de ejote francés en grano a partir de vainas de ejote francés no cosechado. Cooperativa Integral Agrícola “El Sembrador” CINASEM, R.L., de Aldea Cholá, Uspantán, El Quiche, comercializando productos de segundas y terceras calidades de ejote francés. El número de prácticas identificadas no fue numeroso, dado que prácticamente no se hace mayor cosa con los rechazos de la producción y el interés es bajo de parte de los productores, pues los rechazos generalmente no están bajo su control. Las empresas que compran y clasifican la producción, no tienen ninguna presión para encontrar soluciones para lograr recuperación de valor, pues los rechazos para ellos tienen costo cero (USAID, 2014).

2.2. Aspectos sociales

El cultivo del ejote francés se inicia en Guatemala el año 1977, un año después de que el país fuera afectado por un terremoto, a partir de este suceso surge la necesidad de alimento y trabajo, entonces la comunidad suiza implementa el programa de reconstrucción y fomento de la economía de las áreas del altiplano central (Schaart, 2012), se implementan huertos familiares para sobrevivencia y el excedente es llevado a mercados cercanos y de la capital. A partir de esta labor y al ser económicamente rentable surgen nuevas empresas que fomentan el cultivo de mini vegetales y cultivos no tradicionales incluyendo el ejote francés (Cruz, 2010).

El cultivo de ejote francés es ancestral en Guatemala. Su genocentro es americano y centroamericano. Después de la conquista fue distribuido por el mundo por los españoles y los portugueses. Las principales zonas de producción en Guatemala se ubican en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, San Marcos, Las Verapaces, Sololá y Quiché, donde se puede producir durante todo el año porque se dispone de agua para riego y la versatilidad comercial del ejote, permite su exportación como producto fresco, congelado o procesado, que lo hace muy atractivo como producto de alto desarrollo comercial, tanto en el presente como en el futuro (MAGA, 2014).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Guatemala –PNUD-, en su informe del año 2015, los productos agrícolas constituyen la principal fuente alimentaria de la población guatemalteca, destacando los granos básicos y hortalizas ante la falta de recursos económicos para la adquisición de carnes u otros productos alimentarios y porque la población busca su seguridad nutricional en estos productos. Por otro lado, la principal fuente de mano de obra para una población en pobreza y extrema pobreza se encuentra en la agricultura. Lamentablemente el índice de desarrollo humano para Guatemala el año 2015 fue de 0.64 ocupando el lugar 125 del ranking mundial; este mide tres variables, vida larga y saludable, conocimientos y nivel de vida digna, aspectos que lamentablemente no favorecen a los guatemaltecos (IDH, 2015).

En la Cumbre para el Desarrollo Sostenible, que se llevó a cabo en septiembre de 2015, los Estados Miembros de la ONU aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que

incluye un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático. De estos objetivos destacan para Guatemala el primero (poner fin a la pobreza en todas sus formas) y el segundo (poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible), a los que es necesario atender con la generación de nueva tecnología en beneficio de la sociedad (PNUD, 2015).

A diferencia de otros productos agrícolas, la producción de ejote francés genera fuentes de mano de obra permanente durante todo el año, por lo que asegura una mejor distribución de los ingresos y la posibilidad de que las personas vinculadas al sector rural puedan mantenerse en el campo obteniendo un medio de vida adecuado de su trabajo, sin emigrar a las ciudades (MAGA, 2014).

La mayoría de los productores de ejote francés residen en el altiplano de Guatemala y pertenecen a comunidades indígenas descendientes de las culturas quiché y cakchiquel y poseen pequeñas extensiones de tierra o carecen de la misma, esto dificulta su acceso a créditos bancarios pues tampoco poseen otro tipo de garantía sobre su propiedad. Su nivel educativo es bajo ya que en su mayoría son analfabetas (Farfán, 2002).

Aunque no tienen alto nivel de escolaridad, tienen habilidad numérica y capacidad de negociación. Conocen ampliamente las leyes económicas, a base de experiencia actúan como especuladores con gran poder en el mercado. Son reconocidos por su incumplimiento en los acuerdos con exportadores y productores. Este hecho ha generado que los exportadores se esfuercen por lograr un contacto más estrecho y directo con los productores, para disminuir su costo por la compra de ejote (Farfán, 2002).

Sin embargo, los intermediarios conocen más sobre los compradores que los propios productores e igualmente conocen más sobre los productores que los propios exportadores. Por lo que influyen considerablemente al momento de establecer precios en el mercado. Una ventaja muy importante sujeta a la anterior consideración se presenta cuando los intermediarios llegan

directamente hasta los centros de producción llevando dinero en efectivo a los agricultores, recogiendo el producto antes y más fácilmente que los exportadores (Farfán, 2002).

Los exportadores son los responsables de garantizar los requerimientos sobre la calidad y las cualidades intrínsecas del producto que entregan a sus clientes en el extranjero (Farfán, 2002). Por otro lado, el uso excesivo de agroquímicos y pesticidas en los suelos ha causado impactos negativos al ambiente y a la salud del hombre (Borge, 2012) y de acá surge la recomendación de implementar técnicas convencionales, por ejemplo, dejar tres años un suelo sin producción; esta técnica es algo antieconómica para las personas que su único sostén es la producción de ejote, por lo tanto se busca cubrir la urgente necesidad de la transición de un manejo cultural convencional hacia un manejo de agricultura orgánica de precisión que cumpla con las exigencias del mercado internacional, al alcance de pequeños y grandes productores de ejote francés del país, con el tiempo, esto permitirá que las empresas exportadoras del país solo permitan la exportación de productos con certificación orgánica (CNAE, 2012).

2.3. Enfermedades del cultivo

Las enfermedades más comunes en el ejote francés son los hongos que causan el mal del talluelo, entre ellos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotiniasp*, y *Rhizoctoniasp.*, Roya (*Uromycesappendiculatus* (Pers.)), Mosaico dorado (Geminivirus) y cenicilla (*Erysiphepolygoni* DC.) (Schaart, 2012).

2.3.1. *Fusarium oxysporum*: Es un complejo de especies anamórficas (*Fusarium oxysporum* species complex, FOOSC) ubicadas en suelos en todo el mundo y capaces de crecer como saprofitos o por la colonización de plantas. Las cepas patógenas colectivamente pueden infectar más de 100 huéspedes diferentes, muchos de ellos importantes cultivos, entre ellos el cultivo de ejote francés (Michielse y Rep, 2009).

F. oxysporum puede convertir una cepa no patógena en un patógeno, lo que demuestra la importancia de la parte LS del genoma en la patogenicidad. Estas regiones muestran un enriquecimiento sorprendente de elementos transponibles y genes predichos para codificar

proteínas secretadas, algunas expresadas específicamente durante la infección de plantas, tales como los genes SIX (Secreted In Xylem) (Houterman et al., Rep. Et al., 2008). Las colonias presentan un aspecto veloso en el centro y difuso en la periferia, de crecimiento lento, 6 cm a los ocho días inicialmente son de color blanco y luego se tornan púrpura. Posee microconidias hialinas en forma oval con una a dos células, en falsas cabezas, monofialides. Los conidióforos pueden ser cortos, simples o ramificados. Las macroconidias se forman en esporoquios, generalmente de tres a cinco septos. Las clamidosporas son terminales o intercalares, generalmente redondeadas (Sanabria et al., 2002; Agrios, 2005).

2.3.1.1. Clasificación taxonómica de Fusarium

Clasificación taxonómica de *Fusarium* según ITIS (2017).

Reino	Fungi
Phylum	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Nectriaceae
Género	<i>Fusarium</i>
Especies	<i>F.oxysporum</i>

F. oxysporum es un hongo imperfecto, que aparentemente ha perdido el estado perfecto o sexual. Estos se producen por medio de conidios (una espora asexual formada en el extremo de la hifa). El hongo sobrevive por largos periodos en el suelo como clamidosporas. Las variantes de *F. oxysporum* están divididas en muchas formas especiales que no pueden ser distinguidas usando criterios morfológicos (Agrios, 2002).

Según la Revista Internacional de Microbiología y Ciencias Aplicadas -IJCMAS- (2014), el *Fusarium* es uno de los habitantes fúngicos más dominantes del suelo en todo el mundo. Algunos aislamientos pertenecientes a especies del género *Fusarium* son plantas patógenas ya que pueden causar marchitez, amarillamiento y pérdidas de rendimiento. Por el contrario, muchos aislamientos pertenecientes a la misma especie de *Fusarium* son no patógenos y en algunos casos incluso beneficiosos para la planta huésped (IJCMAS, 2014).

Por lo general, la enfermedad es más intensa durante los meses cálidos y húmedos del año, de donde, los factores climáticos tienen una influencia preponderante en el desarrollo de la enfermedad. El factor más importante es el grado de resistencia/susceptibilidad del genotipo Musa; otro, es el pathotype de Foc presente. Por último, otros factores como el drenaje, las condiciones ambientales y el tipo de suelo tienen una influencia decisiva en la enfermedad desarrollada (FAO, 2015).

El pH (la infección es menor en suelos con un pH de 7 o superior); uso de nitratos versus amoníaco (la infección es menor donde nitratos se utilizan como fuente de nitrógeno en lugar de amonio); alto contenido de calcio, también podrían inducir la supresión del suelo (FAO, 2015).

Fusarium oxysporum f. sp. (Cubense) se dispersa en suelo contaminado, los medios naturales incluyen la deriva del suelo debido al viento o la lluvia (erosión). Los medios artificiales están relacionados al suelo adherido a implementos agrícolas, contenedores, herramientas, animales, calzado, ropa, uso de suelo como sustrato para viveros (FAO, 2015).

2.3.1.2. Importancia económica y síntomas

La reducción en la emergencia de plantas puede alcanzar el 15%, y las pérdidas en rendimiento varían entre 10 y 50%. En el campo se observan plantas pequeñas y marchitas, con las hojas inferiores amarillentas (Figura 6), distribuidas en focos (Figura 7). La enfermedad causa una maduración temprana de la planta. Las raíces presentan color café rojizo a café oscuro (Figura 8). En un corte se observa el tejido interno de color café o rojizo oscuro. La base del tallo se puede cubrir con una felpa de color anaranjado claro o rosado (IICA, 2017).

2.3.1.3. Condiciones adecuadas para la enfermedad

Es frecuente en zonas húmedas y cálidas (20-28°C), con suelos arcillosos o mal drenados. Las siembras continuas de frijol favorecen la presencia de la enfermedad. La planta es atacada en la segunda o tercera semana después de la siembra, pero los síntomas se observan cerca de la floración o el llenado de vainas. El hongo sobrevive en los restos de siembras anteriores (IICA, 2017).

2.3.1.4. Distribución

A pesar de que la enfermedad probablemente se originó en el sudeste asiático, la primera grabación de la enfermedad se hizo en 1874 en Australia, donde se observó en el Eagle Granja cerca de Brisbane. A continuación, se informó desde Panamá en 1890. Dentro de una década, la enfermedad se había extendido a Costa Rica y los posteriores brotes ocurridos en Surinam (1906), Cuba (1908), Trinidad (1909), Jamaica (1911), Honduras (1916) y Guatemala (1919). La enfermedad ya ha sido reportada en la mayoría de los países (Veniza, 2017).

2.4. Antecedentes del uso de *Bacillus pumilus* como fungicida

2.4.1. Biología: Es una bacteria esporulante, aerobia o anaerobia facultativa, Gram positiva, con bajo contenido en G y C en su genoma. Es una especie considerada mesófila, aunque también existen cepas que pueden ser termófilas y alcalofilas (Moallic et al. 2006). Hasta el momento se han descrito 395 cepas pertenecientes a esta especie. Morfológicamente, *B. pumilus* crece como una colonia lisa que se vuelve amarilla conforme avanza el tiempo de incubación. Es una especie móvil (posee flagelo), B-hemolítico en agar, catalasa positiva, tolerante a las sales y susceptible a la penicilina y no crece bajo estrictas condiciones anaeróbicas (Abram et al. 1970, Tena et al. 2007, Porwal et al. 2009).

B. pumilus posee propiedades tóxicas, efectos citopáticos en células Vero, actividad hemolítica, produce lectinasa, y actividad proteolítica en caseína. From, et al. (2005) han detectado una toxina emética que ha sido relacionada a incidentes de contaminación de alimentos. Las infecciones causadas por *B. pumilus* son excepcionales (Porwal et al. 2009). No patógena *B. pumilus* se considera una bacteria no patógena para invertebrados y vertebrados; no obstante, algunas cepas producen hemolisinas (Ouoba et al. 2004), molécula determinante de virulencia bacteriana, lo que hace que se la considere como una especie patógena oportunista.

Se considera como una bacteria ubicua en la naturaleza, ya que ha sido aislada de varios hábitats: suelo (Priest 1993, Garbeva et al. 2003), plantas y restos vegetales (Cottyn et al. 2001, Thomas 2004, Choudhary and Johri 2008, Asraful Islam et al. 2010), asociada a animales (Shehata et al. 1983, Baebosa et al. 2005, Johnson et al. 2006, Coorevits et al. 2008, Poewal et al. 2009).

Entre las relaciones ecológicas que mantienen *B. pumilus* en los diversos hábitats en los que se encuentra, una de las más interesantes es la que mantiene con las plantas. Esta especie bacteriana es frecuentemente encontrada en las raíces de las plantas, a las que provee protección previniendo la germinación de las esporas de algunos grupos de hongos como *Rhizoctonia* y *Fusarium* (Anderson 2002).

En general, las esporas de *Bacillus* son notablemente resistentes a condiciones ambientales desfavorables, como la escasez de nutrientes, desecación extrema, radiación UV, radiación gamma, o desinfección química (Nicholson et al. 2000); sin embargo, es bastante sorprendente la elevada resistencia de las esporas de *B. pumilus* pueden sobrevivir a tratamientos de calor y a radiaciones UV fuertes, pudiendo posteriormente germinar y multiplicarse (Nicholson et al. 2000) (No. de acceso al GenBank: NC_009848.1), lo que representa una potente herramienta para la caracterización molecular de esta bacteria.

2.4.2. Aplicaciones en biotecnología: *B. pumilus* posee un amplio rango de actividades importantes desde un punto de vista biotecnológico e industrial. Así, algunas de cepas de *B. pumilus* tiene actividades fungicidas y han sido usadas como agentes de control biológico de hongos fitopatógenos (Bottone 2003, Lehman 2001, Reynaldi et al. 2004, de-Bashan et al. 2010). Esta propiedad ha sido una de las más explotadas. Así, por ejemplo, Bottone&Peluso (2003) describen un compuesto producido por *B. pumilus* MSH que inhibe especies de *Mucoraceae* y *Aspergillus*. El compuesto activo aislado inhibe la germinación de las esporas de esos dos géneros de hongos, y evita la elongación de las hifas, posiblemente produciendo una lesión en la pared celular. Así mismo, Reynaldi et al. (2004) describen la actividad fungicida de *B. pumilus* y de otras especies de *Bacillus* y *Paenibacillus* contra *Ascosphaera apis*, el hongo causante de la enfermedad de la cría yesificada, que causa enormes pérdidas económicas a los apicultores en todo el mundo.

Una cepa de *B. pumilus* productora de antibióticos (NRRL No. B-30087), que exhibe propiedades fungicidas contra ciertos patógenos específicos de plantas (y no contra bacterias), fue patentado en el 2001 (Lehman 2001). En esta patente se identificaron todas las características de esta cepa, y describen una metodología capaz de proteger las raíces y las frutas de varias especies

de cultivo de infecciones fúngicas, por la aplicación de cantidades efectivas de los metabolitos aislados de los sobrenadantes de cultivo de esta bacteria.

Las importantes propiedades de *B. pumilus*, que la hacen atractivas económicamente, es la producción de nuevos productos, como es el caso de la pumilina (Bhate 1955), la pumilacidina (Naruse et al. 1990) y la pumicilina (Aunpad, 2007).

Las aplicaciones biotecnológicas detalladas aquí constituyen solamente un ejemplo de la capacidad de *B. pumilus* para ser explotada industrialmente. Existen publicados cientos de trabajos llevados a cabo con el fin de conocer, caracterizar u optimizar algunas de las propiedades biológicas de esta bacteria.

2.4.3. Aplicaciones con control biológico: A pesar de la diversidad de actividades biológicas útiles de *B. pumilus*, esta especie bacteriana no ha sido considerada como un agente de control biológico de de insectos. Las aplicaciones de *B. pumilus* en control biológico se han orientado extensamente al uso de bioplaguicidas basados en esta bacteria para la prevención y tratamiento de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en raíces de varias especies de cultivos. Esto se debe a que *B. pumilus*, tradicionalmente, no ha sido considerada como una especie con propiedades entomopatogenas, como *B. thuringiensis*, *B. sphaericus*, *Paenibacillus popilliae*, entre otras.

Solamente existen dos trabajos previos que reportan la actividad entomopatogena de *B. pumilus*. El primero de ellos es una patente donde se describe la cepa *B. pumilus* AQ717, activa contra el “gusano de las raíces del maíz” (e.g., *Diabrotica undecimpunctata*, *D. logicornis*, *D. virgifera*), la rosquilla verde o gusano de la remolacha (armyworm) (*Spodoptera exigua*) y algunas especies de nematodos (Heins, 1999).

B. pumilus es productora de metabolismo tóxico, está presente en el sobrenadante del cultivo. Estos metabolitos son los que hacen a esta cepa útil como agente de control biológico en el tratamiento y prevención de las infecciones del gusano de las raíces del maíz y del gusano de la remolacha. En su detalle la patente describe un metabolito tóxico y soluble de bajo peso molecular

(<10 kDa) producido por esta nueva cepa de *B. pumilus*. También incluye varios métodos para proteger y tratar a las plantas contra las especies de plagas anteriormente mencionadas, y una guía de recomendaciones de cómo combinar con otros bioplaguicidas y plaguicidas químicos (Heins, 1999).

Además, recientemente, *B. pumilus* fue aislado del "escarabajo de la corteza del abeto". *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) (Yamman et al. 2010). Este insecto constituye una importante plaga en los árboles de abeto. En el estudio llevado a cabo por Yamman et al. (2010) se realizaron ensayos de infección usando la cepa de *B. pumilus* aislada previamente, tanto en larvas como en adultos de *D. micans*. Los resultados mostraron que esta cepa bacteriana causó 69.4% y el 40.9% de mortalidad en larvas y adultos, respectivamente. Sin embargo, es importante señalar que la metodología utilizada para la identificación de la cepa de *B. pumilus* objeto de estudio, se basó en análisis bioquímicos, y no mediante la comparación de secuencias parciales del gen 16S rRNA, método considerado más consistente y confiable.

A pesar del escaso número de publicaciones, las propiedades insecticidas de *B. pumilus* se están poniendo de manifiesto con el transcurrir del tiempo. Se podría deducir que debido a la gran cantidad de metabolitos (e.g. Proteínas y proteasas) excretados por las cepas de *B. pumilus*, a lo largo de su ciclo de vida, algunas de estas moléculas podrían poseer actividad patógena para especies de insectos, como los dos estudios mencionados anteriormente. Así, se podría considerar que la exploración de la entomopatogenicidad de *B. pumilus* en diferentes especies de insectos de importancia económica, resultaría la consideración de esta bacteria como un fuerte candidato de agente de control biológico frente a plagas de insectos.

B. pumilus es un fungicida biológico nuevo, efectivo y de amplio espectro que provee un excelente control contra roya, mildiu, oidio y botrytis. Produce proteasa y otras enzimas que le permiten degradar una gran variedad de sustratos naturales y contribuir al reciclaje de nutrientes (Agroes, 2017).

B. pumilus cepa QSTmin la ge 2908 impide la germinación de esporas por la formación de barreras físicas y, posteriormente, las coloniza; actúa interrumpiendo el metabolismo celular destruyendo las paredes celulares de los patógenos en diferentes sitios y causando la destrucción

total de los mismos. Su modo de acción lo convierte en un efectivo fungicida capaz de evitar el desarrollo de resistencia de los patógenos (Agroes, 2017). El *B. pumilus* resulta efectivo en el control de mildiu sp., oidiosp., tizones temprano y tardío, *Sclerotinia sp*, *Cercospora sp*, etc., en numerosos cultivos entre los que destacan brasicas, bulbos, cacahuates, cereales, cucurbitáceas, fresas, legumbres de hoja verde, lúpulo, maíz, manzano y otros frutales; menta, pastos, raíces y tubérculos; rosas, tabaco, vid, etc. (Agroes, 2017).

Los resultados de diversos estudios han indicado que no hay riesgos significativos para la salud humana. En México puede ser el *B. pumilus* utilizado en el control de cenicilla de la vid (*Erysiphe necator*), cenicilla del jitomate y otras solanáceas (*Leveillula taurica*) y mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis*) en cultivos de melón, papa, pepino, sandía, tomate, tomate de cáscara y vid (Agroes, 2017).

Bacillus subtilis y *Bacillus pumilus* se aislaron del suelo y se criaron para la producción de antibióticos mediante ensayo en placa y luego se cultivaron en fermentación con matraz de agitación a 30°C para más estudios. La identificación de antibióticos se realizó mediante cromatografía en papel. Se descubrió que la bacitracina es producida por ambas cepas contra *Micrococcus luteus* (ATCC # 10240), mientras que, *Estafilococo aureus* (ATCC # 6538) demostró ser resistente a la Bacitracina producida por *Bacillus pumilus*. La producción máxima de Bacitracin de *B. subtilis* y *B. pumilus* contra *Staphylococcus aureus* y *Micrococcus luteus* a diferentes pH (6-9), tiempo de incubación (0-144 horas) y glucosa concentración (1-5%) se verificó mediante ensayo de difusión en agar según lo detectado por el tamaño de las zonas de *inhibición*. Se observaron zonas máximas de inhibición a pH 8, 5% de glucosa y después de 24 horas de incubación a 30°C contra *Staphylococcus aureus* y *Micrococcus luteus* (Awais, Shah, Hameed, Hasan.2007).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La producción agrícola en la región de Bárcenas, Villa Nueva, se ha tornado crítica porque las oportunidades de trabajo son limitadas y los sistemas de producción se basan en la agricultura de subsistencia provocando que la pobreza se acentúe principalmente en la niñez y la juventud siendo necesario generar fuentes de empleo y producción que garanticen mejores ingresos económicos a las familias de los pequeños agricultores y propiciar acciones que fortalezcan mejoras en la tecnología.

Los agricultores han encontrado en el cultivo del ejote francés una buena oportunidad para fortalecer su forma de vida; sin embargo, han encontrado que el desarrollo de las plántulas de frijol se ven severamente afectadas por microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo, entre ellos *Fusarium oxysporum* que provoca pudriciones radiculares y como consecuencia reducen las poblaciones y rendimiento con la consiguiente pérdida económica. A consecuencia de estos daños la Escuela Nacional de Agricultura (ENCA) estima que las pérdidas llegan al 30% afectando los intereses económicos de los agricultores ante el alza considerable del valor de la mano de obra y los insumos. Entrevista personal con el Ing. Leonel Navas (2017).

El ejote francés producido orgánicamente es una alternativa aceptable en el mercado internacional y destacan por su importancia de producción, la región de Chimaltenango donde se han encontrado empresas agroexportadoras interesadas en hacerlo de esta forma y mantienen la oferta de participación de agricultores que destinen sus pequeñas áreas a esta actividad dejando de lado la producción convencional que por su alta vulnerabilidad a la residualidad de pesticidas utilizados para el control de plagas y enfermedades reducen su mercado.

Además, en esta región se dispone de logística básica para la producción de ejote francés (sistemas de riego por goteo y agricultores capacitados) y se estima que bajo el sistema de producción orgánica pueden incrementarse las áreas actuales. Por otro lado, este cultivo es importante para Guatemala porque genera empleo para los pequeños productores durante la época de cosecha e ingreso de divisas para el país.

El uso excesivo de productos de síntesis química para el control de enfermedades ha causado que los organismos patógenos generen resistencia, causando con esto un deficiente control de las enfermedades y generando un problema fitosanitario que cada día, conlleva el incremento de los costos y el riesgo de pérdida de los mercados. La resistencia generada por los organismos patógenos a los fungicidas químicos ha obligado a la agricultura a buscar en la biotecnología una alternativa para el control de enfermedades. Afortunadamente en el suelo hay organismos benéficos que contribuyen al equilibrio natural del suelo, pero debido al uso irracional de los fungicidas químicos este equilibrio biológico natural se ha roto, provocando el incremento de organismos patógenos que afectan considerablemente a los cultivos agrícolas. A través de la biotecnología se pueden utilizar las diversas propiedades de los microorganismos benéficos del suelo para restablecer el equilibrio natural y mejorar el control de los organismos patógenos. El género *Bacillus pumillis*, y sus principales mecanismos de acción, tales como la excreción de antibióticos, toxinas, sideróforos, enzimas líticas e inductores de la resistencia sistémica, destacando su crecimiento aerobio o en ocasiones anaerobio facultativo, Gram positivas, morfología bacilar, movilidad flagelar, y tamaño variable (0.5 a 10 μm); su crecimiento óptimo ocurre a pH neutro, presentando un amplio intervalo de temperaturas de crecimiento, aunque la mayoría de las especies son mesófilas (temperatura entre 30 y 45 °C), su diversidad metabólica asociada a la promoción del crecimiento vegetal y control de patógenos en el suelo (Villarreal-Delgado MF, Villa-Rodríguez ED, CiraChávez LA, Estrada-Alvarado MI, Parra-Cota FI, De los Santos-Villalobos S., 2017).

Con la presente investigación se buscó encontrar una alternativa tecnológica más para apoyar los planes fitosanitarios de control de la enfermedad radicular provocada por el hongo *Fusarium oxysporum*, que afecta severamente el cultivo de ejote francés en la región de Barcenás, siendo este un método amigable con el medio ambiente; *Bacillus pumilus* a evaluar ha sido utilizado en otras hortalizas en México y los resultados de control de enfermedades radiculares han sido satisfactorios, por lo que, se estima que sus efectos serán importantes al utilizarlos en el cultivo del ejote francés en la región de Barcenás donde no se dispone aun de información de su uso.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de *Bacillus pumilus* sobre la incidencia del patógeno *Fusarium oxysporum* en el cultivo de ejote francés orgánico.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el daño del patógeno *F. oxysporum* en las plantas de ejote francés por efecto de cada dosis de *B. pumilus*
- Determinar el peso seco y fresco de la planta para medir el crecimiento, desarrollo y la ganancia de biomasa como un indicador de sanidad.
- Determinar el rendimiento del cultivo en función de las concentraciones de *B. pumilus*.

5. HIPÓTESIS

5.2. Hipótesis alternativa

Ha. Se encontrará diferencia en al menos una de las dosis en el control del patógeno bajo investigación.

Ha. Al menos uno de los tratamientos tendrá efecto en la ganancia de biomasa y sanidad de la planta.

Ha. Al menos una dosis a evaluar de *B. pumilus* tendrá efecto sobre el rendimiento en ejote francés.

6. METODOLOGÍA

6.1. Localización

La Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, se encuentra ubicada en la finca Bárcenas, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala, a una altitud de 1440 metros sobre el nivel del mar, georeferenciada en la hoja cartográfica de la ciudad de Guatemala, escala 1:50,000 número 2059 I, entre las coordenadas UTM 1606540.72 a 1608991.93 y 758609.92 a 757003.85, latitud $14^{\circ} 31' 15''$ y longitud a $90^{\circ} 38' 18''$ (Turcios, 2009).

Colinda al norte con la carretera que conduce a Bárcenas, al sur y al este con la finca Santa Clara y al Oeste con la colonia Ulises Rojas, en jurisdicción del municipio de Villa Nueva. Se encuentra situada a 3 kilómetros de la cabecera municipal y a 17 kilómetros de la ciudad capital (Turcios, 2009).

Se accesa por varias vías ya sea por la carretera asfaltada que se comunica con la autopista CA-4 que proviene de la ciudad capital a 17 km. o bien utilizando la interconexión Bárcenas – Antigua Guatemala en el km 18, de donde la ENCA se encuentra dentro de una formación urbana con un acceso estratégico hacia las distintas zonas agrícolas del altiplano central, facilitando el movimiento hacia centros de mayoreo o bien centrales distribuidoras (Turcios, 2009).

El transporte extraurbano envía unidades de la ciudad capital a Bárcenas y viceversa constantemente; y además circulan unidades de transporte colectivo hacia Villa Nueva (Turcios, 2009).

6.2. Material experimental

6.2.1. *Bacillus pumilus*: Obtenido a partir del producto Vistabacillus Pumilus SC que es un producto biológico cuyo ingrediente activo es la bacteria benéfica *Bacillus pumilus* cepa VVBP1 con una concentración de 1.3×10^{12} por litro de producto comercial y es una bacteria que actúa como fungicida biológico, efectivo y de amplio espectro que provee un excelente control contra Roya, Mildiu, Oídio y Botrytis. *Vistabacillus Pumilus* SC es un producto certificado por la empresa mayacert de Guatemala para su uso en agricultura orgánica (ver figura 9) (MAYACERT, 2015).

Recomendaciones de uso en diferentes cultivos

Cultivo	Nombre científico
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
Tomate	<i>Lycopersicon sculentum</i>
Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Esparrajo	<i>Asparagus officinalis</i> , etc. (Volcanes, 2017)

6.2.2. Ejote francés variedad Serengueti: Es una variedad fina, de alto rendimiento; color y frutos grandes, amplia adaptación geográfica; vainas largas, rectas y suaves; excelente para empaque en bandeja, aproximadamente 56 días a la madurez, con alta resistencia a antracnosis y mosaico común del frijol, resistencia media a la roya (*Uromyces appendiculatus*); longitud aproximada de la vaina 13.97 cm.; color de la vaina verde oscuro uniforme y brillante; hábito de la planta, arbustivo, erecto mediano; densidad de población 100 mil plantas/ha, rendimiento 10 mil a 15 mil kilogramos por hectárea (Syngenta, 2013).

Tabla 2.

Características del ejote francés variedad Serengueti.

Característica	Datos del híbrido
Densidad poblacional	100 mil plantas/há
Potencial de rendimiento	15 mil kilogramos/há
Condiciones climáticas	600 a 2500 msnm
Resistencia a enfermedades	Intermedia; Roya (<i>Uromyces appendiculatus</i>)

El rendimiento depende del manejo agronómico brindado al cultivo (Syngenta, 2018).

6.3. Factor de estudio

a) Microorganismo: Se utilizó el microorganismo benéfico *Bacillus pumilus* para el control de *Fusarium oxysporum* como un fungicida biológico.

6.4. Descripción de los tratamientos

Se utilizó la dosis recomendada por el productor de este microorganismo y que se identifica como tratamiento 4, con 1.43 litros por hectárea, como un testigo relativo para el control del patógeno *Fusarium oxysporum* en la producción de ejote francés. Los demás tratamientos fueron propuestos en la presente investigación con el objetivo de determinar el efecto sobre el patógeno y el rendimiento del cultivo.

Tabla 3.

Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Producto	Dosis	UFC de <i>B. pumilus</i> / dosis
T1	<i>Bacillus pumilus.</i>	0.75 litros/ha	4.8*10 ⁴
T2	<i>Bacillus pumilus.</i>	1 litros/ha	6.5*10 ⁴
T3	<i>Bacillus pumilus.</i>	1.25 litros/ha	8.100*10 ⁴
T4	<i>Bacillus pumilus.</i>	1.43 litros/ha	9.2*10 ⁴
T5	<i>Bacillus pumilus.</i>	1.75 litros/ha	1.1*10 ⁵

Se realizaron cuatro aplicaciones de cada tratamiento. La primera aplicación se realizó antes de la siembra, la segunda a los 12 dds, la tercera a los 25 dds y la cuarta a los 40 dds; la primera fue dirigida al suelo donde se colocarían las semillas y las siguientes en drench o al pie de cada planta utilizando el volumen de agua suficiente para que *B. pumilus* colonizara la rizosfera.

6.5. Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6. Modelo estadístico

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la variable de respuesta de la ij – ésima unidad experimental

μ = efectos de la media general

β_j = efecto de j - ésimo bloque

τ_i = efecto del i - ésimo tratamiento

ε_{ij} = efecto del error experimental

Significa que la variabilidad de la respuesta Y_{ij} -ésima está en función de la media general, del efecto del j -ésimo bloque, del efecto del i -ésimo tratamiento, y del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

6.7. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 1.20 metros de ancho X 5 metros de largo que equivale 6m^2 ; fueron utilizados 5 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 20 unidades experimentales; el distanciamiento de siembra fue de 0.10 metros entre posturas colocando dos semillas por cada una; en cada unidad experimental se colocaron 50 posturas (100 plantas por unidad experimental); el área bruta experimental constó de 183.60 m^2 , mientras que el área neta fue de 120 m^2 .

6.8. Croquis de campo

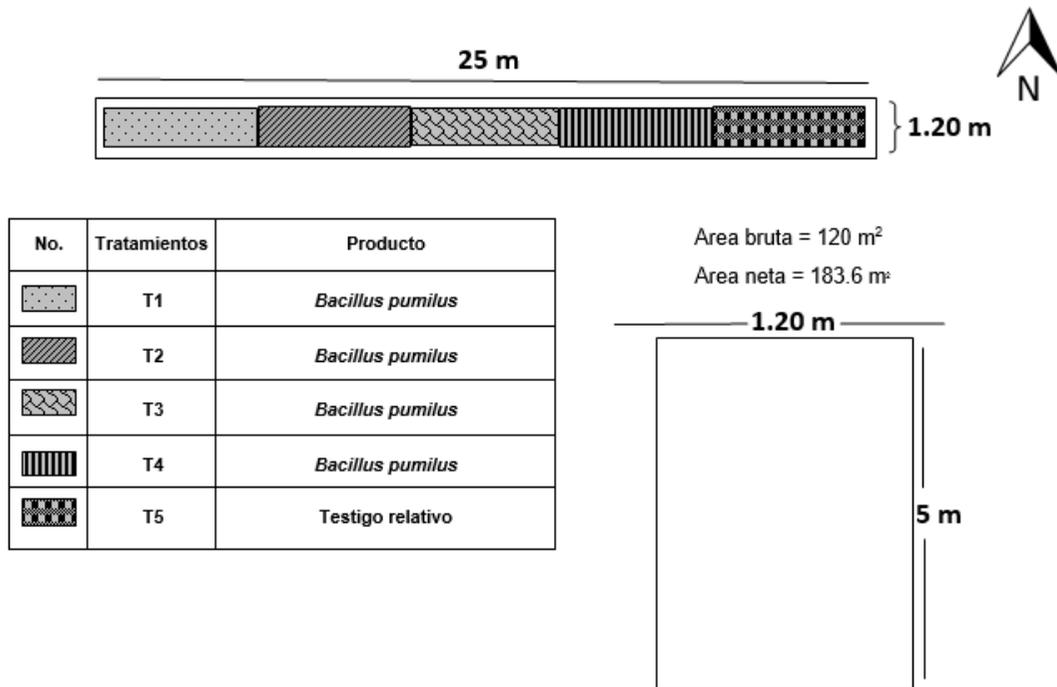


Figura. Tamaño de la unidad experimental

Figura 1. Distribucion de las unidades experimentales

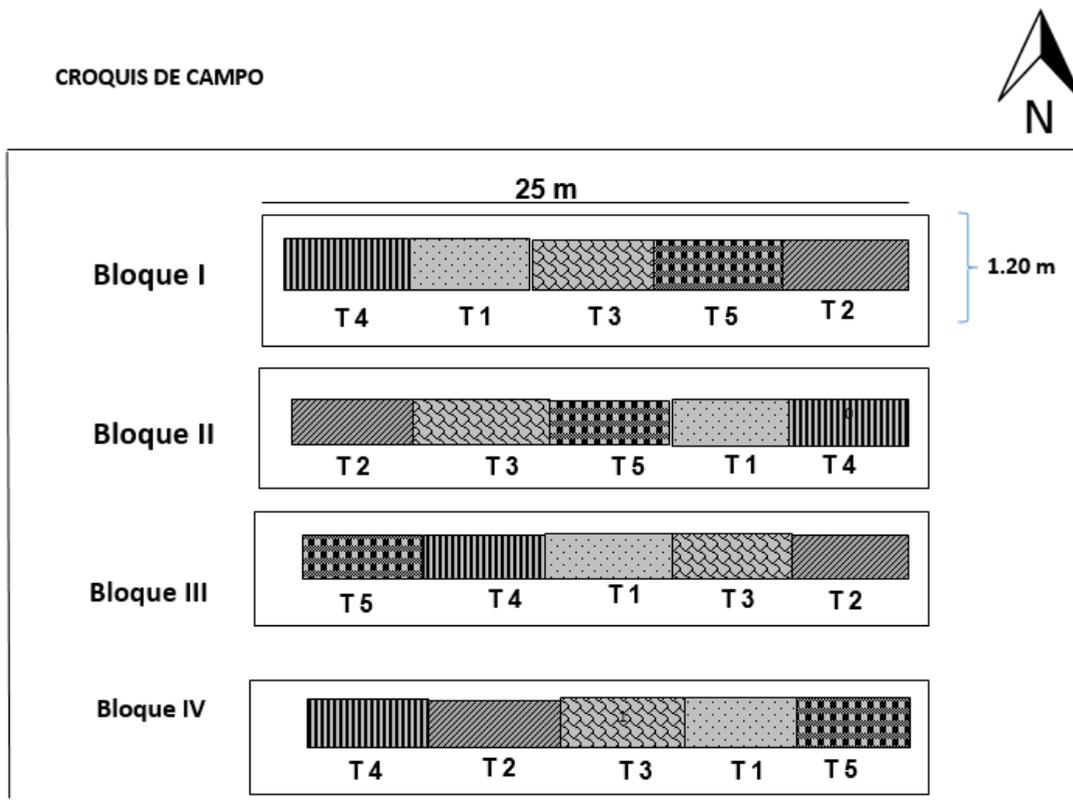


Figura 2. Croquis del experimento

6.9. Manejo del experimento

6.9.1. Preparación del terreno: La preparación del terreno se realizó con maquinaria (rotavator) para dejar bien mullido el suelo y favorecer la preparación de surcos sobre los cuales se realizó la siembra.

6.9.2. Establecimiento del experimento: Después se procedió a preparar los cuatro surcos distanciados cada uno 1.20 metros, a la vez, se colocó la manguera para el sistema de riego por goteo y el cobertor sobre los surcos que fue ahoyado a la distancia de 0.10 m. Se realizó la primera aplicación del fungicida *Bacillus pumilus* en forma directa sobre cada postura.

6.9.3. Siembra: Un día después de la preparación de los surcos y aplicación del fungicida, se realizó la siembra de forma manual colocando dos semillas por postura, distanciadas 0.10 m entre cada una, para un total de 100 semillas por unidad experimental; cada semilla fue colocada a una profundidad de 0.02 m.

6.9.4. Control de malezas: La maleza que emergió en cada postura fue eliminada manualmente; de la misma forma fueron eliminadas las malezas emergidas en las calles, utilizando machete y azadón. Se realizaron tres limpiezas, una en la etapa inicial, la segunda a mediados de la etapa de desarrollo del cultivo y la tercera al iniciar la cosecha.

6.9.5. Fertilización: La fertilización del cultivo se realizó de la siguiente manera:

Tabla 4.

Programa de fertilización utilizado en el experimento.

Día	Producto	Ingredientes activos	Dosis/Ha.	Área de aplicación
0	Gallinaza compostada	N, P, K, Ca	2 quintales	
0	Vista organic Base	Ca, Mg, B, Zn, Ácidos Húmicos, Bacillus thuringiensis	3 quintales	al suelo
0	Vistaorganic	P, Ca, Mg, S, Ácidos Húmicos, Trichoderma harzianum	3 quintales	
10	Multi hoja SL	NPK + micronutrientes, ácido algínico, ácidos carboxílicos, Carbohidratos, manitol citoquininas, auxinas, giberelinas y aminoácidos	1 litro	Foliar
16	Humus de lombriz	N, P, K, Ca, Mg, Zn	3 litros	Foliar
21	Humus de lombriz	N, P, K, Ca, Mg, Zn	10 litros	al suelo
27	Eco Hobac fertilizante Foliar	Cu, K	2 litros	foliar
32	Multi hoja SL	NPK + micronutrientes, ácido algínico, ácidos carboxílicos, Carbohidratos, manitol citoquininas, auxinas, giberelinas y aminoácidos	2 litros	foliar
32	Bio Humax + EM	Ácidos húmicos y fúlvicos, Fe, Zn, Cu, Mn y B.	4 litros	al suelo
40	Humus de lombriz	N, P, K, Ca, Mg, Zn	10 litros	al suelo
48	Bioles foliares	N, P, K, + elementos menores	2 litros	foliar
56	Bioles foliares	N, p, K, + elementos menores	2 Litros	Foliar
62	Bioles foliares	N, p, K, + elementos menores	2 Litros	Foliar

6.9.6. Control de insectos: Para el control de plagas se realizaron aplicaciones de insecticidas de *Bauveria bassiana* principalmente para el control de mosca blanca, trips y áfidos.

6.9.7. Colocación de tutores: La primera se realizó en la semana 4 (20 a 25 dds) para brindar respaldo a las plantas y soportar el peso de las vainas del ejote y la segunda en la semana 7 (30 a 35 dds).

6.9.8. Cosecha: La cosecha se realizó de forma manual en cada unidad experimental a partir de los 60 días según el cronograma de trabajo de la ENCA, procurando que las vainas se encontraran en su estado óptimo. Fueron realizados cinco cortes; en cada corte se obtuvo una

muestra por repetición de cada tratamiento para estimar el rendimiento promedio por corte por tratamiento, producto que fue colocado en sacos especiales para proceder después a su pesaje.

6.9.9. Toma de datos: Para la variable incidencia fueron tomados datos a los 20 y 40 dds, respectivamente. Para la variable peso fresco y seco fueron tomados datos a los 20, 40 y 60 dds y para la variable rendimiento, los datos se tomaron a partir del primer corte.

6.9.10. Aplicaciones de *Bacillus pumilus*: En el Tabla 5 se describen las dosis utilizadas en cada tratamiento, así como su forma de aplicación.

Tabla 5.

Descripción de la aplicación de *Bacillus pumilus* por tratamiento.

Tratamientos	Dosis/ Ha	Forma de aplicación	Dosis /unidad experimental	Agua/ unidad experimental
1	0.75 litros	Drench al suelo	0.55 cc	0.4 Litros
2	1 litros	Drench al suelo	0.75 cc	0.4 Litros
3	1.25 litros	Drench al suelo	0.90 cc	0.4 Litros
4	1.43 litros	Drench al suelo	1.00 cc	0.4 Litros
5	1.75 litros	Drench al suelo	1.20 cc	0.4 Litros

6.10. Variables de respuesta

6.10.1. Indicencia de *Fusarium*: La incidencia es la medida del número de plantas con síntomas de fusarium en determinada población expresado en términos de porcentaje; para obtener este dato se tomaron diez plantas al azar de cada unidad experimental a los 20 y 40 días después de la siembra y de esta forma se conoció el daño del patógeno sobre la raíz; la fórmula utilizada es la siguiente:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\# \text{ de plantas con síntomas de FO}}{\# \text{ total de plantas}} \times 100$$

6.10.2. Peso fresco y seco de la planta (g): El pesaje en fresco consistió en tomar 10 plantas recién cortadas, que luego se lavaron para eliminar cualquier partícula extraña que pudiera alterar los datos y se procedió a pesarla utilizando una balanza analítica.

El pesaje en seco consistió en tomar las 10 plantas pesadas en fresco, mismas que se sometieron a secamiento utilizando un horno de secado y luego se procedió a su pesaje utilizando una balanza analítica.

6.10.3. Rendimiento o medición del peso de vainas verdes en kg/há: El rendimiento o pesaje de vainas verdes, consistió en obtener legumbres en estado óptimo de corte de 10 plantas de cada repetición, mismas que fueron colocadas en bolsas plásticas para evitar su deshidratación; esta actividad se realizó a partir del primer corte que se inició el día 60 después de la siembra y se realizaron cinco cortes en un periodo de tres semanas. El pesaje se realizó utilizando una balanza analítica.

6.11. Análisis de la información

6.11.1. Análisis estadístico: Para el análisis estadístico se realizaron pruebas de Friedman para el caso de la incidencia de la enfermedad y Análisis de Varianza (ANDEVA) para las variables peso fresco, peso seco y rendimiento, utilizando el software InfoStat, cuando se encontró diferencia estadística se realizaron pruebas múltiples de medias, utilizando la metodología de Tukey con un nivel de significancia del 5%, asignándoles literales para la identificación de los grupos estadísticos.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación determinan que las dosis de aplicación del fungicida *Bacillus pumilus* influyeron directamente sobre el patógeno *Fusarium oxysporum*, favoreciendo el desarrollo del cultivo expresado en razón de su peso fresco, seco y rendimiento.

7.1. Incidencia de *Fusarium*

En el Figura 3 se muestra el porcentaje promedio de incidencia de la enfermedad *F. oxysporum* a los 20 y 40 días dds según el tratamiento utilizado.

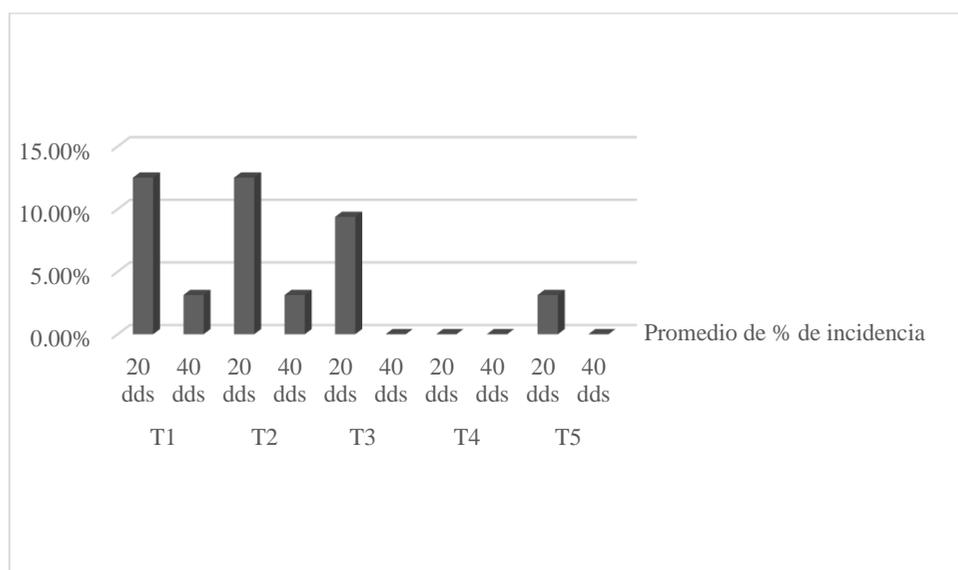


Figura 3. Porcentaje de incidencia del patógeno *F. oxysporum* por efecto de los tratamientos.

Para determinar el efecto de los tratamientos a los 20 dds sobre la incidencia de la enfermedad, se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Friedman, mismo que se describe en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Análisis de varianza no paramétrico de Friedman para la variable incidencia a los 20 dds.

T1	T2	T3	T4	T5	T	P
3.75	3.63	3.50	2.38	1.75	2.94	0.0658

Como puede observarse, el valor p , al 5% de significancia, demuestra que no se encontró diferencia estadística para los tratamientos sobre la incidencia de la enfermedad medida a los 20 dds por lo que no se acepta la hipótesis planteada; al realizar la misma prueba al 1% de significancia, se observa que todos los tratamientos tienen el mismo comportamiento, es decir, no se encuentra diferencia estadística como se demuestra en la tabla 7 por lo que no se acepta la hipótesis planteada para esta variable.

Tabla 7.

Análisis de varianza no paramétrica de Friedman al 1 % de significancia para la variable incidencia a los 20 dds.

T1	T2	T3	T4	T5	T	P
3.75	3.63	3.5	2.28	1.75	2.94	0.0658

Se realizó el análisis de varianza para la variable incidencia a los 40 dds y los resultados se describen en la tabla 8.

Tabla 8.

Análisis de varianza no paramétrico de Friedman para la variable incidencia a los 40 dds.

T1	T2	T3	T4	T5	T	P
3.38	3.38	2.75	2.75	2.75	0.69	0.6114

Para este caso, el valor p , utilizando el 5% de significancia, demuestra que no hay diferencia estadística como efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la enfermedad medida a los 40 dds, por lo que no se acepta la hipótesis planteada.

7.2 Peso fresco y seco de la planta (g)

Para el análisis de la variable peso fresco fueron tomadas 10 plantas al azar de cada unidad experimental a los 20, 40 y 60 días después de la siembra y los promedios de peso por planta y que corresponden a cada tratamiento se describen en la Figura 4.

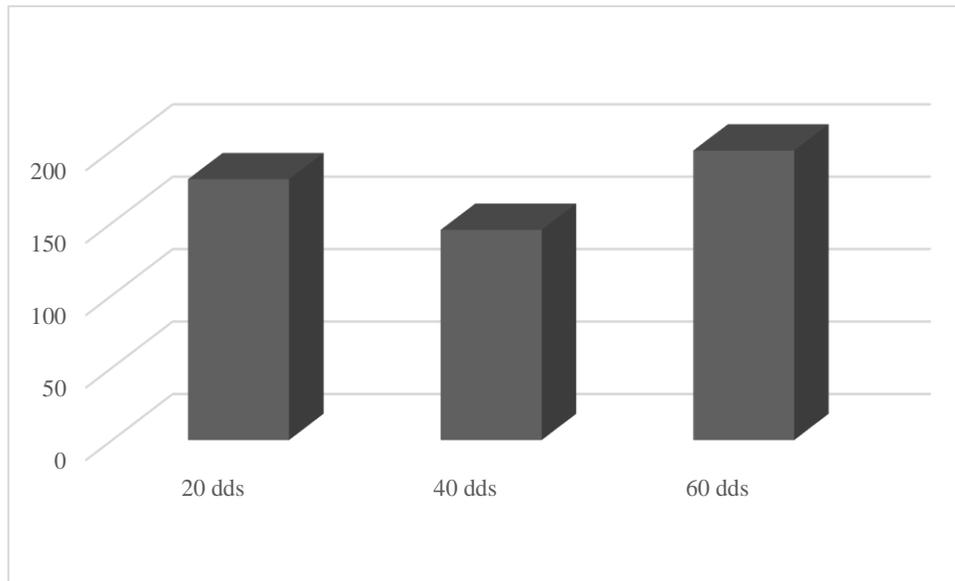


Figura 4. Promedio de peso fresco por planta (gramos) medido a los 20, 40 y 60 dds

Se realizó el análisis de varianza para la variable peso fresco a los 20 dds y los resultados se describen en la tabla 9.

Tabla 9.

Análisis de varianza para la variable peso fresco a los 20 dds.

Variable	N	R	R _{Aj}	CV
Peso fresco	200	0.26	0.23	12.14

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	832.07	7	118.87	9.51	< 0.0001
Tratamiento	794.37	4	198.59	15.9	< 0.0001
Bloques	37.69	3	12.56	1.01	0.3914
Error	2398.73	192	12.49		
Total	3230.80	199			

Para la variable peso fresco a los 20 dds se encontró alta diferencia estadística como efecto de los tratamientos, por lo que, se acepta la hipótesis alterna planteada y se procedió a realizar la prueba múltiple de medias según Tukey al 5% de significancia y los resultados se describen en la tabla 10.

Tabla 10.

Prueba múltiple de medias para la variable peso fresco a los 20 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E		
5.00	31.93	40	0.56	A	
3.00	30.38	40	0.56	A	B
4.00	29.48	40	0.56		B
2.00	27.20	40	0.56		C
1.00	26.55	40	0.56		C

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

De acuerdo a la tabla anterior, el mejor resultado promedio de peso fresco por planta de ejote francés, medido a los 20 dds, se obtuvo al aplicar el tratamiento 5 con 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus* con un promedio de 31.93 gramos por planta.

Los resultados del análisis de varianza para la variable peso fresco a los 40 dds se encuentran en la tabla 11.

Tabla 11.

Análisis de varianza para la variable peso fresco a los 40 dds.

Variable	N	R	R Aj		CV
Peso fresco	200	0.15	0.12		13.83

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	12286.05	7	1755.15	4.79	< 0.0001
Tratamiento	9657.92	4	2414.48	6.59	< 0.0001
Bloques	2628.13	3	876.04	2.39	0.0701
Error	70393.77	192	366.63		
Total	82679.82	199			

Al igual que el caso anterior, para la variable peso fresco a los 40 dds se encontró alta diferencia estadística como efecto de los tratamientos, por lo que, se acepta la hipótesis planteada y se

procedió a realizar la prueba múltiple de medias según Tukey al 5% de significancia y los resultados se describen en la tabla 12.

Tabla 12.

Prueba múltiple de medias para la variable peso fresco a los 40 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E		
5.00	149.45	40	3.03	A	
4.00	143.00	40	3.03	A	B
3.00	136.03	40	3.03		B C
2.00	134.78	40	3.03		B C
1.00	129.28	40	3.03		C

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

Para la variable peso fresco promedio por planta de ejote francés, medido a los 40 dds, se encontró que el mejor tratamiento es el número 5, utilizando 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus*, con 149.45 gramos por planta; sin embargo, el tratamiento 4 tiene la misma literal que el tratamiento 5 y pueden ser considerados efectos similares.

Así también, se realizó el Análisis de Varianza para la variable peso fresco a los 60 dds y los resultados encontrados se describen en la tabla 13.

Tabla 13.

Análisis de varianza para la variable peso fresco a los 60 dds.

Variable	N	R	R Aj	CV
Peso fresco	200	0.43	0.41	10.32

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	69312.03	7	9901.72	20.89	< 0.0001
Tratamiento	68106.26	4	17026.56	35.92	< 0.0001
Bloques	1205.77	3	401.92	0.85	0.4693
Error	91020.52	192	474.07		
Total	160332.55	199			

Los resultados demuestran que existe alta diferencia estadística por efecto de los tratamientos para la variable peso fresco a los 60 días, por lo que se acepta la hipótesis planteada. Se realizó la prueba múltiple de medias en la tabla 14.

Tabla 14.

Prueba múltiple de medias para la variable peso fresco a los 60 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E	
5.00	235.29	40	3.44	A
4.00	231.80	40	3.44	A
3.00	199.15	40	3.44	B
1.00	194.88	40	3.44	B
2.00	194.28	40	3.44	B

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

En este caso, se observa la formación de dos grupos, el primero conformado por los tratamientos 5 y 4 y el segundo por los tratamientos 3, 1 y 2; pueden considerarse como mejores los tratamientos 5 y 4, utilizando 1.75 y 1.43 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus* el efecto de estos tratamientos sobre el cultivo permitio alcanzar un promedio de 235.29 y 231.80 gramos de peso fresco por planta medido a los 60 dds.

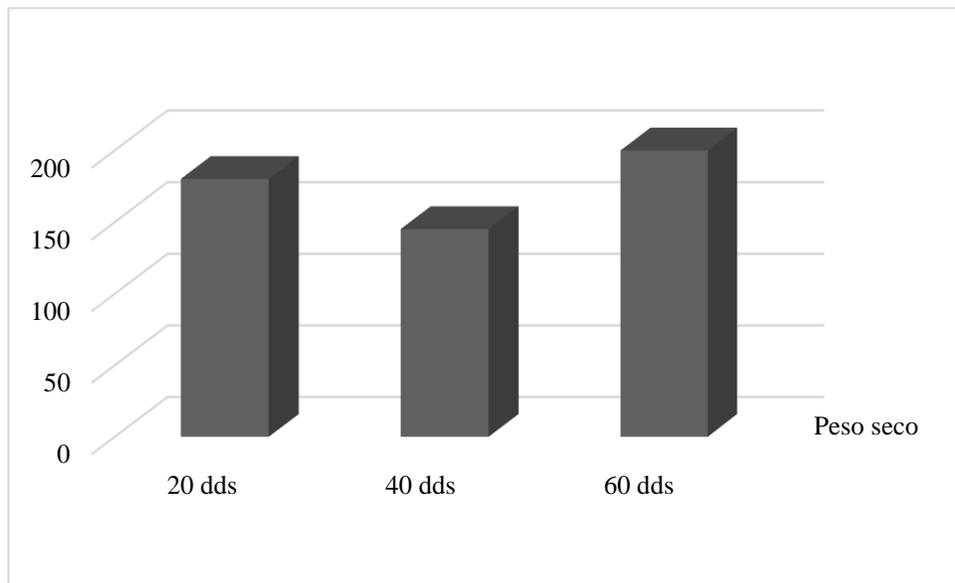


Figura 5. Promedio de peso seco por planta (gramos) medido a los 20, 40 y 60 dds

También se analizó la variable peso seco de las plantas y los resultados del analisis de varianza para conocer el efecto de los tratamientos a los 20 dds son los siguientes:

Tabla 15.

Análisis de varianza para la variable peso seco a los 20 dds.

Variable	N	R	R _{Aj}	CV	
Peso seco	200	0.26	0.23	12.25	

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	49.74	7	7.11	9.68	< 0.0001
Tratamiento	48.45	4	12.11	16.51	< 0.0001
Bloques	1.28	3	0.43	0.58	0.6263
Error	140.86	192	0.73		
Total	190.60	199			

Se encontró alta diferencia estadística por efecto de los tratamientos para la variable peso seco medido a los 20 dds, por lo que se acepta la hipótesis planteada y por ello se procedió a realizar la prueba múltiple de medias utilizando la metodología de Tukey al 5% de significancia en la tabla 16.

Tabla 16.

Prueba múltiple de medias para la variable peso seco a los 20 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E		
5.00	7.72	40	0.14	A	
3.00	7.24	40	0.14	A	B
4.00	7.12	40	0.14		B
2.00	6.51	40	0.14		C
1.00	6.38	40	0.14		C

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

Estos resultados demuestran que el mejor tratamiento fue el número 5, con 7.72 g de peso seco promedio por planta medido a los 20 dds utilizando 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus*.

También fue medida la variable peso seco por planta a los 40 dds y los resultados del ANDEVA son los siguientes:

Tabla 17.

Análisis de varianza para la variable peso seco a los 40 dds.

Variable	N	R	R Aj	CV
Peso seco	200	0.18	0.15	13.89

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	688.43	7	98.35	6.04	< 0.0001
Tratamiento	589.28	4	147.32	9.05	< 0.0001
Bloques	99.15	3	33.05	2.03	0.1109
Error	3124.32	192	16.27		
Total	3812.75	199			

Para este caso, también se encontró alta diferencia estadística para la fuente de variación de los tratamientos que incidieron sobre el peso seco de las plantas de frijol ejotero medido a los 40 dds, por lo que se acepta la hipótesis planteada. Los resultados de la prueba múltiple de medias se describen en la tabla 18.

Tabla 18.

Prueba múltiple de medias para la variable peso seco a los 40 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E	
5.00	31.76	40	0.64	A
4.00	30.26	40	0.64	A B
3.00	28.12	40	0.64	B
2.00	28.06	40	0.64	B C
1.00	26.99	40	0.64	C

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

Los resultados indican que el mejor tratamiento fue el número 5, con 31.76 g de peso seco promedio por planta de frijol ejotero medido a los 40 dds utilizando 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus*.

Los resultados del ANDEVA para la variable peso seco de plantas de frijol ejotero a la edad de 60 dds son los siguientes:

Tabla 19.

Análisis de varianza para la variable peso seco a los 60 dds.

Variable	N	R	R _{Aj}		CV
Peso seco	200	0.37	0.35		10.32

F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	1942.89	7	277.56	16.3	< 0.0001
Tratamiento	1900.80	4	475.2	27.91	< 0.0001
Bloques	42.09	3	14.03	0.82	0.4821
Error	3269.59	192	17.03		
Total	5212.48	199			

En este caso también se encontró alta diferencia estadística en la fuente de variación correspondiente a los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis planteada y se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey en la tabla 20.

Tabla 20.

Prueba múltiple de medias para la variable peso seco a los 60 dds.

Tratamientos	Medias	N	E.E	
5.00	44.23	40	0.65	A
4.00	43.22	40	0.65	A
3.00	38.12	40	0.65	B
1.00	37.25	40	0.65	B
2.00	37.14	40	0.65	B

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

Los resultados demuestran que los mejores tratamientos fueron T5 y T4 con una dosis de 1.75 y 1.43 litros por hectárea, respectivamente, que incidieron directamente sobre la variable peso seco de las plantas de frijol ejotero medido a los 60 dds con una media de 44.23 y 43.22 gramos por planta.

Se ha demostrado que la inoculación de los biofungicidas, en este caso el *Bacillus pumilus*, actúan de forma dual sobre las plantas, por acción del control biológico, teniendo por un lado acción de control de agentes fitopatógenos e indirectamente favoreciendo el crecimiento vegetal y la sanidad de los cultivos, una planta sana mejora y es eficiente en los procesos metabólicos por lo que la absorción de nutrientes y la tasa fotosintética se incrementan, dando como resultado un incremento en el peso fresco de la planta y como resultado de esto el incremento del peso seco (el aumento del peso seco es directamente proporcional al incremento del peso fresco) y ambos favorecen el rendimiento. Según Villarreal-Delgado 2017, enfatizan que los microorganismos poseen una variedad de mecanismos a través de los cuales promueven el crecimiento vegetal, además de regular el ecosistema presente del suelo causando un efecto de equilibrio en la biota del suelo que restituye las funciones naturales y normales del mismo, promoviendo de esta manera un medio sano que provee a la planta las condiciones adecuadas para un mayor desarrollo (Villarreal-Delgado, *et al.*), en su revista mexicana de fitopatología publicada en el año 2017. Por lo antes expuesto, en la presente investigación se encontró que los tratamientos cinco y cuatro incidieron directamente en el crecimiento vegetal y como consecuencia en los rendimientos, porque aportaron una mayor concentración de unidades formadoras de colonia al suelo.

7.3. Rendimientos de vainas verdes en kg/há

En la Tabla 21 se describen los rendimientos obtenidos por efecto de cada tratamiento, habiendo realizado cinco cortes en un periodo de tres semanas iniciando a los 60 dds.

Tabla 21.

Rendimiento de vainas verdes en kg/há.

Tratamiento	Rendimiento de vainas verdes en (kg/há)
T1	11,112.80
T2	11,285.12
T3	13,080.76
T4	15,795.23
T5	17,857.63

Dada la importancia del efecto del fungicida *Bacillus pumilus* sobre el rendimiento, se procedió al análisis estadístico, habiendo obtenido los siguientes resultados:

Tabla 22.

Análisis de varianza para la variable rendimiento.

Variable	N	R	R _{Aj}	CV	
Rendimiento en (kg/há)	20	0.99	0.99	2.03	
F.V	SC	gl	CM	F	p=valor
Modelo.	138701320.21	7	19814474.32	251.10	< 0.0001
Tratamiento	138019199.7	4	34504799.92	437.27	< 0.0001
Bloques	682120.55	3	227373.52	2.88	0.0799
Error	946912.43	12	78909.37		
Total	139648232.6	19			

Para la variable rendimiento se encontró alta diferencia estadística como efecto de los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis planteada y se procedió a la prueba múltiple de medias de Tukey en la tabla 23.

Tabla 23.

Prueba múltiple de medias para la variable rendimiento.

Tratamientos	Medias	N	E.E	
5.00	17857.63	4	140.45	A
4.00	15795.23	4	140.45	B
3.00	13080.76	4	140.45	C
1.00	11285.12	4	140.45	D
2.00	11112.8	4	140.45	D

Medias con letra distinta son estadísticamente diferentes

De acuerdo a los resultados anteriores queda demostrado que el tratamiento que incidió directamente en el rendimiento es el número 5, utilizando 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumilus* habiendo alcanzado un promedio de 17,857.63 kg/ha de ejote francés en fresco y le sigue en importancia el tratamiento 4 con 15,795.23 kg/há. En este caso se estima que la mayor carga microbiana aplicada en el tratamiento número cinco da como resultado un efecto dual en la planta, un control fitopatogénico y la estimulación del crecimiento vegetal; proceso natural en una planta sana, al eficientar los procesos metabólicos por parte de la planta se ve beneficiada la producción de frutos, que incrementan principalmente el peso y tamaño de frutos lo que redita en un incremento de la producción, en este caso una mayor producción de vainas verdes en Kg/ha.

8. CONCLUSIONES

Los cinco tratamientos de *Bacillus pumilus* utilizados en el cultivo de ejote francés, no tuvieron efecto alguno sobre la incidencia de la enfermedad.

La aplicación de *Bacillus pumillus* favoreció el desarrollo del cultivo, demostrado a través del peso fresco promedio alcanzado por planta a los 60 días que fue de 235.29 gramos aplicando el tratamiento 5; a la vez, incidió sobre el peso seco a la misma edad que fue de 44.23 g promedio por planta.

El mejor rendimiento se encontró al utilizar el tratamiento número 5 con la dosis de 1.75 litros por hectárea del producto *Bacillus pumillus* con un promedio de 17,857.63 kg/ha de ejote francés en fresco habiendo realizado cinco cortes en un periodo de tres semanas.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la producción de ejote francés en el area de la aldea Bárcenas, Villa Nueva, sea utilizada la dosis de 1.75 litros/ha de *Bacillus pumilus*, ya que a pesar que no hubo efecto sobre la enfermedad favorece el desarrollo del cultivo mejorando el rendimiento.

Dada la incertidumbre del efecto de *B. pumilus* sobre *Fusarium oxysporum* y la escasez de antecedentes en este tema, se recomienda evaluar la sensibilidad de *F. oxysporum* a *B. pumilus* en condiciones *in vitro* y así asegurar el efecto de la bacteria sobre este patógeno.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abram, D. J. (1970). Differentiation within the bacterial flagellum and insolation of the proximal hook. *J Bacteriol* 101:250-261.
- Agrios, G. (2002). *Fitopatología* (Segunda ed.). (G. Noriega, Ed.) México.
- Agrios, G. (2005). *Plant pathology* (Quinta Edición ed.). Amsterdam: Elsevier Academic. Press. 922.
- Agroes. (2017). Obtenido de <http://www.agroes.es/agricultura/control-de-plagas-enfermedades/bioproductos-eco-para-enfermedades/1173-bacillus-pumilus-es-un-fungicida-biologico-para-royas-mildeu-oidio-y-botrytis>
- Agronegocios, R. (2010). *Naturaleza del ejote Ing. Agro. Hector Leonel Cruz, El cultivo del ejote francés en Guatemala*. Obtenido de https://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios_ejote
- Anderson, T. (2002). *Biological control of crop diseases*. New York: Marcel Dekker Ltd.
- Asraful Islam, S. R. (2010). *Effect of plantage on endophytic bacterial diversity of Balloon flower (Pltycodongrandiflorum) root and their antimicrobial activities*. *Curr Microbiol*.
- Aunpad, R. a.-B. (2007). *Pumilicin 4, a novel bacteriocin with anti-MRSA and anti-VRE activity produced by newly isolate bacteria Bacillus Pumilus strain WAPB4*. *Curr Microbiol*.
- BANGUAT. (2016). Obtenido de https://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/pib2001/2.2_PIB_por_AE_corriente.pdf
- Borge, M. (2012). *CEGESTI*. Obtenido de http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_196_140512_es.pdf
- Bottone, E. J. (2003). *Production by Bacillus pumilud (MSH) of and antifungal compound that is active against Mucoraceae and Aspergillus species: preliminary report*. *J Med Microbiol* 52: 69-74.
- Choudhary, D. K. (2008). *Interactiojns of Bacillus spp. and plants - With special reference to induced systemic resistance (ISR)*. *Microbiol Res* 164: 493-513.
- CNAE. (2012). *MAGA, VISAR*. Obtenido de <http://visar.maga.gob.gt/visar/img/procesosao.pdf>
- Cottyn, B. E. (2001). *Bacterial populations associated with rice seed in the tropical environment*. *Patology* 91: 282-292.
- Cruz, H. L. (Mayo/Junio de 2010). El mercado del ejote. *Revista Agronegocios*. Obtenido de http://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios_ejote
- de-Bashan, L. E. (2010). *Bacillus Pumilus ES4: Candidare plant growth-promoting bacterium to enhance establishment of plants in mine tailings*. *Environ Exp Bot* 69: 343-352.

- Esquite, A. (2017). Obtenido de <http://radiotgw.gob.gt/12-mil-familias-de-quiche-aumentan-su-potencial-de-exportacion/>
- FAO. (2014). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/s8270s/s8270s00.htm>
- FAO. (2015). Obtenido de http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/13ManualFusarium.pdf
- Farfán, A. (2002). Obtenido de <http://www.tesis.ufm.edu.gt/pdf/3842.pdf>
- Garbeva, P. J. (2003). *Predominant Bacillus spp. In agricultural soil under different regimes detected via PCR-DGGE. Microb Ecl 45: 302-316.*
- Heins, S. D. (1999). *Bacillus Pumilus strain for controlling corn rootworm, nematode and armyworm infestations.* California, United States: Agra Quest, Inc.
- Houterman, P. M. (2008). *Suppression of plant resistance gene-based immunity by a fungal effector. PLoS Pathog. 4, e1000061-e1000066.*
- IDH. (2015). Obtenido de <http://www.datosmacro.com/idh/guatemala>
- IICA. (2017). Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B0891E/B0891E.pdf>
- IJCMAS. (2014). Obtenido de <https://www.ijcmas.com/vol-311/Mohamed%20E.%20SELIM%20and%20Abdel%20Fattah%20M.%20El%20Zanaty.pdf>
- ITIS. (2017). *Catalogue of Life: 2017 Annual Checklist.* Obtenido de <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2017/details/species/id/a02e91aa6ceffe7d327edb9541dfcaec>
- Lehman, L. J. (2001). *Strain of Bacillus pumilus for controlling plant diseases caused by fungi.* United States: Agra Quest, Inc.
- MAGA. (2014). *Perfil comercial ejote frances.* Obtenido de <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20ejote.pdf>
- MAYACERT. (2015). *Certificación orgánica.* Obtenido de <http://www.mayacert.com/>
- Michielse, C. y. (2009). *Actualización de perfil patógeno: Fusarium oxysporum. Mol. Plant Pathol. 10, 311-324.*
- Moallic, C. S. (2006). *Identification and characterization of a gamma-glutamyltranspeptidase from a thermo-alkalophile strain of Bacillus Pumilus.*
- Naruse, N. O. (1990). *Pumilacidin, a complex of new antiviral antibiotics. Production, isolation, chemical properties, structure and biological activity. J Antibiot 43: 267-280.*
- Navas, I. L. (Agosto de 2017). Producción de Ejote Francés. (A. Pineda, Entrevistador)
- Nicholson, W. L. (2000). *Resistance of Bacillus endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. Microbiol Mol Biol Rev 64: 548-72.*

Ouoba, L. I.-A. (2004). *Genotyping of starter culture of Bacillus subtilis and Bacillus Pumilus for fermentation of African locust vean (Parkiabioglobosa) to produce Soumbala. Int J Food Microbiol 90: 197-205.*

PNUD. (2015). *Agenda de desarrollo post-2015: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Guatemala.* Obtenido de (<http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/post-2015/sdg-overview.html>)

Polanco, M. O. (2009). *Comparación de dos planes de manejo integrado del cultivo de ejote frances (Phaseolus vulgaris L.) para el control de roya (Uromyces appendiculatus), asesoría técnica y servicios comunitarios.*

Porwal, S. S. (2009). *Phylogeny in aid of the present and novel microbial lineages: diversity in Bacillus. PLoS ONE 4:e4438.*

Priest, F. (1993). *Bacillus Subtilis and other Gram-positive bacteria: biochemistry, physiology and molecular genetics, pp. 3-16. In R. Losick, J. Hoch and A. Sonenshein [eds], Systematics and ecology of Bacillus. ASM Press. Washington D.C.*

Reynaldi, F. J. (2004). *Inhibition of the growth of Ascospaeraapis by Bacillus and Paeni bacillus strains isolated from honey. Rev. Argent. Microbiol 36: 52-5.*

Sanabria, N., Guadarrama, A., & Romero, H. (2002). *Caracterización de especies de Fusarium mediante patrones electroréticos de proteínas. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidd del Zulia, 28: 161-173.*

Schaart, G. (2012). *Sistematización de experiencias en la producción de ejote francés (Phaseolus vulgaris L.), para exportación. Tesis Ing. Agr. USAC, Facultad de Agronomía: Guatemala.* Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2730.pdf

Syngenta. (2018). *Serengeti.* Recuperado el Junio de 2018, de <https://www.syngenta.com.gt/serengeti>

Syngenta, M. (2013). *Semillas hortalizas (en línea). México.* Obtenido de <http://www.syngenta.com.mx/serengeti.aspx>

Tena, D. J.-T.-P.-N. (2007). *Cutaneous infection due to Bacillus pumilus: report of 3 cases. Clin Infect Dis 44: e40-2.*

Thomas, P. (2004). *Isolation of Bacillus pumilus from in vitro grapes as a long-term alcohol-sirviving indrhizogenesis inducing coerdophyte. J Appl Microbiol 97: 114-123.*

Turcios Pantaleón, A. E. (Marzo de 2009). *Evaluación de la producción de micorrizas y su efecto en dos especies de pino (Pinusoocarpa Schiede y P. maximinoy Farjon & Frankis), por cuatro especies de hongos ectomicorrícicos, en contenedor, e informe de diagnóstico y servicios realizados en la ENCA.* Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2474.pdf

USAID. (2003). *Estudio de factibilidad para el desarrollo del proyecto agroindustrial y artesanal de ALIAR.* Obtenido de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacx941.pdf

USAID. (2014). Obtenido de Sistematización de prácticas de post-cosecha y recuperación de valor de mercado en la cadena productiva de hortalizas del área de cobertura de la iniciativa (FTF): http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KB77.pdf

Villarreal-Delgado, M. V.-R.-A.-C.-V. (2017). The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1): 95-130.

Volcanes, V. (2017). *Certificados del Producto Vistabacillus Pumilus*.

Yamman, M. O. (2010). *Isolation of some pathogenic bacteria from the great spruce bark beetle, Dendroctonus micans and its specific predators, Can J Microbiol 53: 1111-5.*

11. ANEXOS

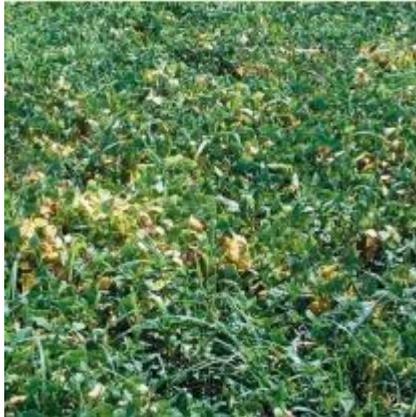


Figura 6. Plantas pequeñas y marchitas con las hojas inferiores amarillas.



Figura 7. Plantas pequeñas y marchitas distribuidas en focos.



Figura 8. Raíces y tallos con lesiones color café rojizo a café oscuro



Figura 9. Certificado de compatitividad con agricultura orgánica del producto Vistabacillus Pumilus.



Figura 10. Trazo del experimento y distribución de tratamientos.



Figura 11. Medición de posturas y ahoyado.



Figura 12. Siembra de ejote francés.



Figura 13. Germinación de la planta de ejote francés.



Figura 14. Primera etapa de desarrollo en ejote francés.



Figura 15. Desarrollo del cultivo de ejote francés.



Figura 16. Incidencia de *fusarium oxysporum*.



Figura 17. Síntomas de *Fusarium oxysporum* en hojas.



Figura 18. Muerte de plantas por incidencia de *Fusarium oxysporum*.



Figura 19. Tallo de la planta de ejote francés en medio PDA.



Figura 20. Hojas de la planta de ejote francés en medio PDA.



Figura 21. Raíz y suelo de la planta de ejote francés en medio PDA.



Figura 22. Suelo del área del experimento en medio PDA.

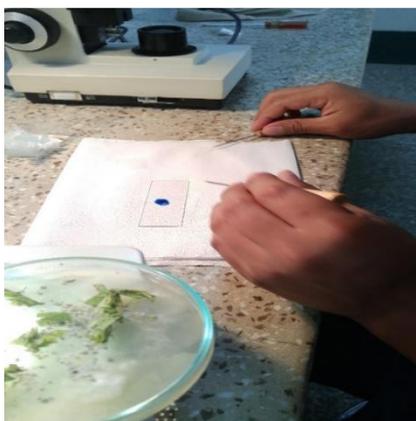


Figura 23. Montaje de estructura de hojas.

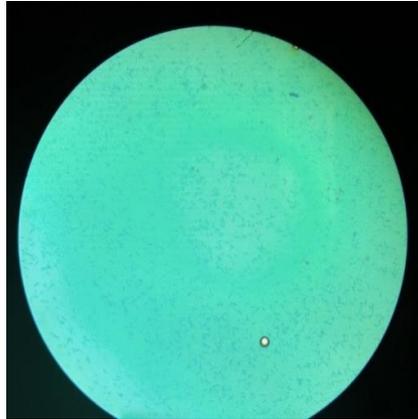


Figura 24. Conidios de *Fusarium oxysporum* multicelulares y unicelulares realizado por medio de montaje.



Figura 25. Lavado de planta de ejote francés.



Figura 26. Muestras obtenidas para pesaje.



Figura 27. Peso fresco de la planta ejote francés.



Figura 28. Tutores en la planta ejote francés.



Figura 29. Vainas verdes de la planta de ejote francés.



Figura 30. Cosecha de ejote francés.



Figura 31. Pesaje de vainas verdes de la planta de ejote francés.

	Escuela Nacional Central de Agricultura <u>Formato de Informes</u>	Página 1 de 2
---	---	----------------------

INFORME DE RESULTADOS (5E)

Guatemala, 12 de junio de 2018

Persona responsable: Andrea Lisseth Pineda Salguero
Finca: Bárcena, Villa Nueva Guatemala

En fecha 4 de junio de 2018 fue ingresada al laboratorio 1 muestra consistente en planta completa de ejote francés, proveniente del área de Hortalizas a campo abierto de la ENCA (hojas, tallos y raíces con suelo) de la variedad Serenguetti, para su análisis fitopatológico.

Luego de su manejo en laboratorio utilizando medio PDA se obtuvieron los resultados siguientes:

LECTURA A LAS 72 HORAS:

Presencia de estructuras (micelio septado, conidióforos y conidios en su mayoría unicelulares hialinos) correspondientes al hongo Fusarium sp, en un 90% de las muestras trabajadas. (Deuteromycetes).

Presencia de estructuras (micelio septado escaso y conidios unicelulares hialinos) correspondientes al hongo Cladosporium fulvum (Deuteromycetes), en un 2% de las muestras trabajadas.

Presencia de estructuras (micelio cenocítico, esporangióforos y esporangiosporas unicelulares) correspondientes al hongo Rhizopus sp (Zygomycetes) en un 8% de las muestras trabajadas.

LECTURA A LAS 144 HORAS:

Presencia de estructuras (micelio septado, conidióforos y conidios en su mayoría unicelulares hialinos) correspondientes al hongo Fusarium sp (Deuteromycetes) en un 98% de las muestras trabajadas.

Presencia de estructuras (micelio cenocítico, esporangióforos y esporangiosporas unicelulares) correspondientes al hongo Rhizopus sp (Zygomycetes) en un 2% de las muestras trabajadas.

La escuela Nacional Central de Agricultura es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, patrimonio propio y duración indefinida, Artículo 79 de la constitución Política.
Fundada en 1921

	<p align="center">Escuela Nacional Central de Agricultura</p> <p align="center"><u>Formato de Informes</u></p>	<p align="center">Página 1 de 2</p>
---	--	-------------------------------------

Atentamente:



Ing. Agr. Juan José Paniagua Lemus
Col. Activo No. 7,253
Responsable Laboratorio Fitopatología

La escuela Nacional Central de Agricultura es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, patrimonio propio y duración indefinida, Artículo 79 de la constitución Política.
Fundada en 1921

Figura 32. Informe de análisis de laboratorio fitopatológico de tallos, hojas, raíces y suelo.

Tabla 24.
Tabla actividades económicas Guatemala

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 [#]	2016 [#]
1. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	20,498.5	22,659.5	23,077.4	24,494.2	25,741.8	25,890.3	29,975.7	32,991.1	35,902.1	36,821.3	41,088.7	41,657.8	44,988.0	48,585.1	51,160.9	52,251.7
2. Explotación de minas y canteras	1,042.1	1,491.7	1,831.4	1,942.6	2,397.3	3,269.1	4,120.9	5,370.7	5,008.3	6,616.0	10,512.2	8,604.2	7,813.2	10,069.2	8,620.1	7,566.4
3. Industrias manufactureras	28,913.1	30,075.6	32,146.7	35,960.7	38,851.3	43,044.3	47,885.5	54,629.1	57,431.0	62,072.9	69,183.1	75,472.7	80,720.7	85,271.2	90,298.5	95,766.8
4. Suministro de electricidad y captación de agua	3,794.6	4,230.7	4,601.5	5,390.4	5,462.8	5,800.5	6,387.9	6,667.3	6,910.6	8,002.7	7,546.0	8,736.3	9,790.8	10,537.3	11,526.9	12,784.9
5. Construcción	5,797.6	7,669.4	8,439.1	8,947.7	9,681.7	11,812.2	13,429.3	15,177.9	14,055.7	13,416.4	14,738.8	16,446.1	17,278.5	18,243.7	18,963.7	19,780.2
6. Comercio al por mayor y al por menor	18,936.7	20,568.9	22,466.6	25,303.6	30,786.0	33,877.3	39,967.2	48,787.8	49,888.3	56,719.3	67,107.9	73,792.7	82,646.2	91,186.4	105,531.3	120,857.5
7. Transporte, almacenamiento y comunicaciones	7,827.1	8,273.8	9,098.9	10,874.4	12,586.9	15,179.7	18,262.3	22,236.5	24,616.9	26,290.0	29,105.0	30,515.0	31,844.5	33,669.3	37,064.8	40,193.4
8. Intermediación financiera, seguros y actividades auxiliares	3,781.9	4,261.1	4,479.6	5,055.2	5,594.9	6,506.4	7,883.4	9,345.5	9,972.2	10,919.7	11,518.9	12,953.7	14,301.0	15,398.4	16,608.8	17,581.5
9. Alquiler de vivienda	15,044.9	16,357.1	17,620.8	19,042.7	20,513.7	22,286.0	24,174.6	26,121.8	27,604.4	29,142.9	30,448.4	31,712.8	33,019.3	34,247.4	35,454.3	36,753.9
10. Servicios privados	22,801.8	25,613.9	27,712.3	29,768.2	31,842.2	35,670.8	39,595.2	43,955.2	44,700.5	47,539.2	50,567.9	53,832.2	57,254.6	60,272.5	63,445.9	66,878.3
11. Administración pública y defensa	10,861.5	11,819.7	12,590.9	13,938.8	13,669.9	14,754.4	16,970.8	18,500.1	21,801.8	24,407.9	26,487.9	28,458.9	31,425.1	34,093.1	36,731.7	39,000.3
(-) Servicios de Intermediación Financiera Medidos Indirectamente: SIEMI	3,429.6	3,699.4	3,737.5	4,337.1	4,789.3	5,618.7	7,030.1	8,220.8	9,032.7	9,627.2	10,646.4	11,591.4	12,829.9	13,788.3	14,388.7	14,891.1
(-) Impuestos netos de subvenciones a los productos	11,107.6	13,184.7	13,716.4	15,058.8	15,389.5	17,363.7	20,137.4	20,309.4	19,107.3	20,872.3	23,353.3	24,131.9	24,845.8	26,267.5	27,110.0	28,060.2
PRODUCTO INTERNO BRUTO	146,977.8	162,506.8	174,044.1	190,440.1	207,728.9	229,836.1	261,760.1	295,871.5	307,966.6	333,093.4	371,011.6	394,723.0	423,097.7	454,052.8	488,128.2	522,593.9

Cifras preliminares

Fuente: (PIB, 2016).

Tabla 25.
Fechas de corte

Cortes	
No de cosechas	Fechas de cosecha
1 er. Corte	7 de mayo
2 do. Corte	10 de mayo
3 er. Corte	14 de mayo
4 to. Corte	17 de mayo
5 to. Corte	21 de mayo

Tabla 26.

Cronograma de actividades

Mes	1				2				3		
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Preparación del terreno	X										
Control de malezas	X				X				X		
Aplicación de fertilizantes	X										
Aplicación de insecticidas	X		X								
Aplicación de gallinaza	X										
Tutoreado				X	x						
1ra aplicación	X										
2da aplicación		X									
3ra aplicación				X							
4ta aplicación						X					
Cosecha									x	X	X
Toma de datos			X			X		X			

Tabla 27.

Porcentaje de incidencia

	T1		T2		T3		T4		T5	
	20 dds	40 dds								
Bloque I	25	0	0	0	12.5	0	0	0	0	0
Bloque II	12.5	0	12.5	12.5	12.5	0	0	0	12.5	0
Bloque III	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
Bloque IV	12.5	12.5	12.5	0	12.5	0	0	0	0	0
Promedio en % de incidencia	12.50%	3.13%	12.50%	3.13%	9.37%	0%	0%	0%	0%	3.13%

Tabla 28.

Promedios de plantas en pf/ps

	T1			T2			T3			T4			T5			PROMEDIO		
	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
PF	26.55	129.28	194.88	27.2	134.775	194.275	30.75	136.025	199.15	31.925	149.275	231.8	29.475	143	235.288	145.90	692.36	1,055.39
PS	6.36	26.86	36.88	6.5433	28.093	37.43325	7.237	28.123	38.115	7.717	31.73	43.218	7.116	30.258	44.228	180.04	145.06	199.87