

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum* EN  
ARVEJA CHINA  
TESIS DE GRADO

**JUAN FERNANDO LÓPEZ ESCOBAR**  
CARNET 25045-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum* EN  
ARVEJA CHINA  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**JUAN FERNANDO LÓPEZ ESCOBAR**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

## **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**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. ALVIN ROLANDO OVALLE LYNCH

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

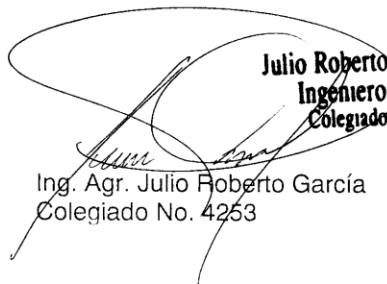
Guatemala, 13 de julio de 2017

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Juan Fernando López Escobar, que se identifica con carné 2504512, titulado: " **EVALUACIÓN DE *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Atentamente,



**Julio Roberto Garcia Morán**  
**Ingeniero Agrónomo**  
**Colegiado No. 4253**

Ing. Agr. Julio Roberto García  
Colegiado No. 4253

**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JUAN FERNANDO LÓPEZ ESCOBAR, Carnet 25045-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06105-2017 de fecha 11 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum*  
EN ARVEJA CHINA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 13 días del mes de julio del año 2017.



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

## AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Julio Roberto García Morán, por su asesoría y apoyo que me brindó durante de la toda la investigación.

Ing. Agr. Luis Javier Ramírez, por su ayuda al aplicar los tratamientos cuando estuve fracturado de una mano.

Ing. Agr. Víctor Manuel Ventura, por darme la oportunidad y el apoyo necesario para llevar a cabo esta investigación.

Ing. Agr. Luis Felipe Calderon, por su asesoría, revisión y corrección de esta investigación.

Ing. Agr. Luis Moisés Peñate Munguía, por su asesoría, revisión y corrección de esta investigación.

## DEDICATORIA

A:

Mis padres: Julio César López Villatoro y Nasly Anabely Escobar López por haberme apoyado en todo lo que me propuse, ser motivación para lograr mis objetivos y ser ejemplos de vida.

Mis hermanos: María Cristina y Julio César por su apoyo incondicional.

Mis sobrinos: Por su cariño y sus risas.

Mis amigos: Por su apoyo en mi formación profesional y ayudarme en la elaboración de mis trabajos.

# EVALUACIÓN DE *BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* SOBRE INCIDENCIA DE *FUSARIUM OXYSPORUM* EN ARVEJA CHINA

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre la incidencia de *Fusarium oxysporum* en la producción de arveja china en Patzún, Chimaltenango. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos (testigo, 1L/ha de Serenade1.34 SC, 250, 375 y 500 g/ha de Amilo-X WG) y 3 repeticiones. Como variables de respuesta se midió la incidencia de *F. oxysporum* en arveja china y rendimiento. Como resultado se obtuvo que no existieron diferencias estadísticas entre las diferentes concentraciones utilizadas de *B. amyloliquefaciens*, se considera que esto se debe a que no existieron condiciones climáticas que favoreciera alta presión de la enfermedad. Se asume también que como la aplicación se realizó postsiembra el control no fue muy efectivo ya que es un control preventivo, por lo tanto, se recomienda realizar una réplica de esta investigación en condiciones donde exista mayor presión de la enfermedad en momentos presiembra.



# EVALUATION OF BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS ON FUSARIUM OXYSPORUM'S INCIDENCE IN CHINESE PEA

## SUMMARY

The present research had as objective to evaluate the effect of the application of *Bacillus amyloliquefaciens* on the incidence of *Fusarium oxysporum* in the production of Chinese peas in Patzún, Chimaltenango. A randomized complete block design with 5 treatments (control, 1L / ha of Serenade1.34 SC, 250,375 and 500g / ha of Amilo-X WG) and 3 replicates were used. As response variables the incidence of *F. oxysporum* in Chinese pea and yield was measured. As a result it was obtained that there were no statistical differences between the different concentrations used of *B. amyloliquefaciens*, it is considered that this is because there were no climatic conditions that favored high pressure of the disease. It is also assumed that since the application was done post-harvest the control was not very effective since it is a preventive control, therefore, it is recommended to carry out a replica of this research in conditions where there is greater pressure of the disease, and before sowing.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 ARVEJA.....	2
2.1.1 Origen.....	2
2.1.2. Importancia económica y distribución geográfica.....	2
2.1.3 Taxonomía y morfología.....	4
2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	5
2.1.5 Fertilización.....	6
2.1.6 Composición química.....	6
2.1.7 Plagas.....	6
2.2 <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> .....	8
2.2.1 Taxonomía.....	8
2.2.2 Distribución.....	8
2.2.3 Síntomas.....	9
2.2.4 Biología de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	10
2.2.5 Ciclo de la enfermedad.....	11
2.2.6 Epidemiología.....	12
2.2.7 Control.....	12
2.3 <i>BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS</i> .....	13
2.3.1 Taxonomía.....	14

2.3.2 Ecología y patogenia.....	14
2.3.3 Estudios realizados de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> sobre <i>Fusarium oxysporum</i> .....	14
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	18
4. OBJETIVOS.....	19
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5. HIPÓTESIS.....	21
5.1 HIPÓTESIS ALTERNA (Ha):.....	21
6. METODOLOGÍA.....	22
6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	22
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	22
6.3 FACTOR A ESTUDIAR.....	22
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	23
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
6.6 MODELO ESTADÍSTICO.....	23
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	24
6.8 CROQUIS.....	25
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	25
6.9.1 Preparación del terreno.....	25

6.9.2 Siembra.....	26
6.9.3 Riego.....	26
6.9.4 Fertilización.....	26
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA.....	26
6.10.1 Daño por <i>Fusarium oxysporum</i> .....	26
6.10.2 Rendimiento de arveja dulce.....	27
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	27
7. Resultados y Discusión.....	29
7.1. INCIDENCIA DE <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> .....	26
7.2. RENDIMIENTO DE ARVEJA CHINA.....	30
7.3 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.....	30
8. Conclusiones.....	31
9. Recomendaciones.....	31
10. Bibliografía.....	31
11. Anexos.....	34

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Precios promedio de arveja china pagados al mayorista en el mercado La Terminal (quetzales/costal de 40 lb.) .....	4
Cuadro 2. Taxonomía de arveja.....	4
Cuadro 3. Composición Química de la arveja.....	6
Cuadro 4. Taxonomía de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	8

Cuadro 5.	Taxonomía de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .....	14
Cuadro 6.	Tratamientos a evaluar en arveja china.....	23
Cuadro 7.	Croquis de los tratamientos a utilizar en campo .....	25
Cuadro 8.	Análisis de Varianza primera toma de datos.....	28
Cuadro 9.	Análisis de la Varianza (SC tipo III) primera toma de datos.....	28
Cuadro 10.	Análisis de Varianza segunda toma de datos.....	29
Cuadro 11.	Análisis de la Varianza (SC tipo III) segunda toma de datos.....	29
Cuadro 12.	Temperaturas promedio de meses de enero a abril.....	30
Cuadro 13.	Milímetros de lluvia en meses de enero a abril.....	30
Cuadro 14.	Cronograma de actividades.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Exportación de arveja china en Tm (Tonelada métrica) de Guatemala hacia Europa del año 2003 al 2012.....	3
Figura 2.	Unidad experimental.....	24
Figura 3.	Parcela neta .....	24
Figura 4.	Porcentaje de incidencia de los 5 tratamientos.....	29

# 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los mayores exportadores de arveja china hacia los Estados Unidos y Europa. La arveja producida en Guatemala es de dos tipos la denominada arveja china y la arveja dulce. Ambas variedades son afectadas por *Fusarium oxysporum*, un hongo que provoca clorosis y marchitez vasculares que terminan a una disminución de producción e incluso causa la muerte de varias plantas. Este hongo se encuentra en el suelo y en restos de cultivos que hayan estado anteriormente, una vez infectada la planta, es muy difícil controlarlo y reducir el daño.

En la actualidad el método de control predominante por parte de los agricultores, lo constituye el uso de químicos sintetizados artificialmente, que, aunque ejercen control, tienen efectos colaterales, dentro de ellos el desarrollo de resistencia del patógeno, desequilibrio en la flora y fauna natural del suelo, efectos nocivos al ambiente, a los productores y consumidores. Viendo la necesidad de buscar un método de control para este patógeno y con experimentos satisfactorios para el control del mismo nació la idea de utilizar la *Bacillus amyloliquefaciens* para su control. Esta bacteria se ha demostrado que puede controlar mas no erradicar el hongo en otros cultivos.

Con la presente propuesta se buscará evaluar los efectos de las diferentes dosis de la bacteria sobre este hongo y poder llegar a tener un resultado positivo; con todo esto se obtendría una alternativa no química y como esta es una bacteria se considera control biológico por lo cual no tendría restricción para poder exportar el producto con dicha bacteria.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ARVEJA**

#### **2.1.1 Origen**

Las referencias de la arveja datan de 10.000 años AC, siendo introducida en Europa desde Asia por los romanos y griegos, ya como cultivo, hacia el año 500 AC. En general se asumía a las legumbres como alimento de inferior calidad respecto de la carne. Se expande por todo Asia y el resto de Europa ya en la era cristiana, popularizándose las recetas que incluían arveja. Las primeras identificaciones datan de 1.500, donde los botánicos encuentran especies de diferentes colores y texturas de grano. Mendel, el padre de la genética, hizo sus experiencias con arvejas hacia el año 1860 (Prieto, 2007).

#### **2.1.2. Importancia económica y distribución geográfica**

La producción de esta leguminosa, en Guatemala se centra en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, Sololá y Quiché. La producción está centrada en los pequeños agricultores de la zona del altiplano, donde se estima que más de 25.000 agricultores de 200 comunidades plantan alrededor de 4.500 manzanas de tierra (MAGA, 2014).

La comercialización para la exportación la realizan más de 30 empresas, las cuales cuentan con una muy buena infraestructura, sistemas de control y cadena de frío para poder servir adecuadamente a los clientes que actualmente son en su mayoría de los Estados Unidos, pero con un interés muy marcado en diversificar sus exportaciones a la Unión Europea(UE). Otra característica importante de la arveja china es que a diferencia de otros productos agrícolas, genera trabajo y 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).

Durante 2012, en la UE se importaron más de 22.350 toneladas de arveja china, siendo los principales proveedores por su orden en toneladas: Guatemala con 7.32, Kenya con 5.32, Zimbawe con 2.686, Perú con 2.488. Durante 2012, Guatemala exportó 7.323 toneladas de arveja a la Unión Europea, ningún otro país de la región tiene registradas exportaciones a la UE para este producto (MAGA, 2014).

Los principales destinos de las exportaciones de Guatemala han sido Holanda con 3.411Tm, Reino Unido con 3.257Tm y Bélgica con 619Tm (MAGA, 2014).

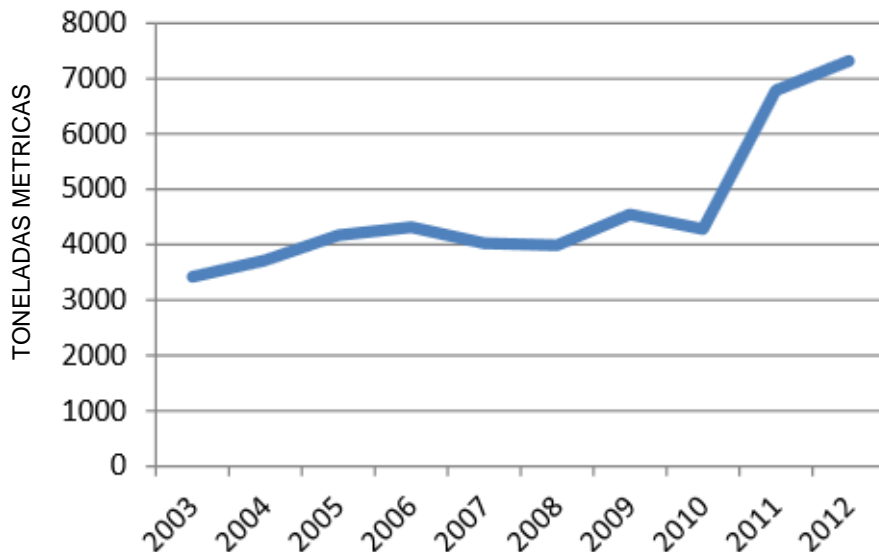


Figura 1. Exportación de arveja china en Tm (Tonelada métrica) de Guatemala hacia Europa del año 2003 al 2012. Fuente MAGA (2014).

El cultivo de arveja china en Guatemala genera según datos del MAGA (2014), alrededor de 3,938,000 jornales, por lo que se considera un cultivo muy importante para el país; ya que esto equivale a 14,064 empleos permanentes (MAGA, 2014).



Cuadro 1. Precios promedio de arveja china pagados al mayorista en el mercado La Terminal (quetzales/costal de 40 lb.).

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
2011	25	30	44.23	39.09	39.23	25	34	43.33	40	44.09	85	SO	40.82
2012	SO	SO	SO	44	40	44.23	47.69	46.25	60	56.06	54	53.75	49.78
2013	53.87	65.75	60.59	61.76	SO	68	63.57	46.43	52.31	76.15	70	78.89	63.39
2014	82.31	106.67	75.15	63.64	63.08	85	65	80	100				
Prom	53.73	67.47	59.99	52.12	47.44	55.56	52.57	54.00	63.08	58.77	69.67	66.32	51.33

### 2.1.3 Taxonomía y morfología

Cuadro 2. Taxonomía de arveja.

Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Pisum</i>
Especie	<i>P. sativum</i>

Fuente: (ITIS, 2014)

Botánicamente se denomina *Pisum sativum* L. y el tipo de arveja con vainas comestibles se identifica como *Pisum sativum* saccatum. Se caracteriza por tener los tallos huecos, sus hojas son compuestas, con dos o tres pares de folíolos, con un zarcillo terminal, de flores sencillas e insertadas en las axilas de las hojas. El fruto es en vaina, algo comprimida y terminada en una pequeña curva. Las semillas, numerosas en cada vaina, son casi esféricas (Nolasco, 2004).

La arveja china es una planta anual, con tallo herbáceo que puede alcanzar hasta 1.75 metros de altura, de hábito trepador. Posee hojas alternas acorazonadas y achatadas en la punta, con una longitud de 6 ms. y ancho de 3.5 ms. Las flores son axiliares de color

blanco. Las vainas son levemente curvas de color verde claro, gruesas y jugosas (Nolasco, 2004).

#### **2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos**

La planta se comporta muy bien en clima templado y templado frío, con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta. Esto favorece su enraizamiento y macollaje. Su período crítico a bajas temperaturas 5 o 7°C, por lo general ocurre a partir de la floración de las vainas. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad. El desarrollo vegetativo tiene su óptimo de crecimiento con temperaturas comprendidas entre 16 y 20 °C, estando el mínimo entre 6 y 10 °C y el máximo en más de 35 °C (Carapaz & Roman, 2012).

Si la temperatura es muy elevada la planta se desarrolla bastante mal. Necesita ventilación y luminosidad para que desarrolle bien. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad. En general, las variedades de grano liso presentan mayor resistencia al frío que las rugosas. También, las de hojas verde oscuro tienen mayor tolerancia que las claras (Carapaz & Roman, 2012).

La arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ricos en nutrimentos asimilables y de reacción levemente acida a neutra. Los mejores resultados se logran en suelos con pH entre 6-7.5 y bien drenados, que aseguren una adecuada aireación, y, a su vez, tengan la suficiente capacidad de captación y almacenaje de agua para permitir su normal abastecimiento, en especial durante su fase crítica (período de floración y llenado de vainas). Un drenaje deficiente que favorezca el “encharcamiento”, inclusive durante un breve período después de las lluvias o el riego, es determinante para provocar un escaso desarrollo y, en muchos casos, pérdidas por ataque de enfermedades (Carapaz & Roman, 2012).

### 2.1.5 Fertilización

La fertilización se realiza con base en el análisis de suelo. De no contarse con este, se recomienda aplicar cuatro sacos por hectárea de 18-46-0 al momento de la siembra. Si el área es pobre en nitrógeno, se sugiere aplicar urea (46-0-0) en forma foliar, 2 kg en 200 litros de agua/ha (Carapaz & Roman, 2012).

### 2.1.6 Composición química

La Composición química del grano de arveja se encuentra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Composición química de la arveja.

COMPONENTES	ESTADO	
	Verde %	Seco %
Agua	70 – 75	10 – 12
Proteína	5,0 – 7,0	20 – 23
Carbohidratos	14 – 18	61 – 63
Grasa	0,2 – 0,4	1,5 – 2,0
Fibra	2,0 – 3,0	5,0 – 7,0
Cenizas	0,5 – 1,0	

Fuente: Carapaz & Roman, 2012.

### 2.1.7 Enfermedades

Existen muchos hongos que pueden causar enfermedades en las plantas. En el caso de arveja china han sido identificados principalmente dos de ellos: *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. cuando las plántulas están emergiendo y en plantas adultas pueden causar marchitez, enanismo y en casos severos, muerte de las mismas. Ambos géneros están normalmente asociados, por lo que su efecto es más severo (Nolasco, 2004).

La mancha foliar más frecuente en arveja china es la causada por *Ascochyta* sp., de la cual existen tres especies reportadas: *A. pisi*, *A. pinoides* y *A. pinodella*. Se considera

que en Guatemala se encuentran al menos dos de estas especies. Los síntomas en el campo consisten en la aparición de manchas circulares de color café en las hojas. A menudo se observan numerosos puntos negros dentro de las manchas, los cuales son las picnidias o cuerpos fructíferos del hongo. Bajo condiciones favorables, las manchas pueden crecer y afectar severamente el follaje de las plantas, pudiendo también provocar manchas en tallos y ocasionalmente en las vainas (Nolasco, 2004).

Otras enfermedades que atacan a la arveja china son el mildiu polvoriento, causado por el hongo *Erysiphe pisi*, el cual es un parásito obligado que afecta varias leguminosas. En Guatemala afectando arveja china, solo se ha encontrado su fase asexual *Oidium* sp. Otro hongo que afecta la arveja china es *Peronospora pisi*, que produce la enfermedad llamada comúnmente mildiu lanudo o velludo (Nolasco, 2004).

### **2.1.8 Plagas**

A través de estudios realizados en laboratorio, se ha determinado que el mayor rechazo de vainas en las plantas procesadoras se debe a daños de insectos, los cuales ocasionan diversas manchas que, equivocadamente, se han identificado como causadas por *Ascochyta*. Los insectos causantes de dichas manchas son los trips y la mosca minadora. Adicionalmente otros insectos como gusanos cortadores y pulgones, también afectan al cultivo (Nolasco, 2004).

La mosca minadora ha sido identificada como de la familia Agromyzidae, del género *Liriomyza*. La hembra oviposita en las hojas y al emerger las larvas se alimentan entre el haz y el envés, causando lesiones como galerías. Los estados adultos provocan lesiones en hojas, tallos, tendrilos y vainas al efectuar procesos de reproducción y alimentación. En la vaina causan lesiones de color claro al centro y oscuro en bordes (Nolasco, 2004).

La especie de mosca minadora identificada como la causante del daño en arveja china fue *Liriomyza huidobrensis* Blanchard y las especies de thrips (orden *Thysanoptera*)

asociadas con el daño en las vainas de la arveja china son: *Frankliniella occidentalis*, *F. insularis* y *Thrips tabaci* (Nolasco, 2004).

## 2.2 FUSARIUM OXYSPORUM

Al igual que varios otros patógenos de las plantas, *Fusarium oxysporum* tiene varias formas especializadas conocidos como formaespecialis (f.sp.) - que infectan a una variedad de huéspedes que causan diversas enfermedades (Gonzales & Ferreira, 1993).

### 2.2.1 Taxonomía

Cuadro 4. Taxonomía de *Fusarium oxysporum*.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Nectriaceae
Genero	<i>Fusarium</i>
Especie	<i>F. oxysporum</i>

Fuente: (ITIS, 2014)

### 2.2.2 Distribución

En general, la distribución de *Fusarium oxysporum* se sabe que es cosmopolita. Sin embargo, las diferentes formas especiales de *F. oxysporum* menudo tienen diferentes grados de distribución (Gonzales & Ferreira, 1993).

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 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 reportado en la mayoría de los países (Veniza, 2011).

### 2.2.3 Síntomas

*Fusarium oxysporum* y sus diversas formas especiales se han caracterizado como causa de los síntomas siguientes: marchitamiento vascular, amarillos, pudrición del cormo, pudrición de la raíz y de los almácigos. El más importante de ellos es el marchitamiento vascular. De la marchitez vascular que causan Fusaria, *Fusarium oxysporum* es la especie más importante. Las cepas que están bastante mal especializados pueden inducir a los amarillos, putrefacción, y de los almácigos, en lugar de la marchitez vascular más severa (Gonzales & Ferreira, 1993).

Desde marchitamiento por *Fusarium* es la enfermedad más importante causada por *F. oxysporum*, el foco de esta sección estará en este síntoma. En general, se marchita fusarium aparecen primero como ligera compensación de la vena en la parte exterior de las hojas más jóvenes, seguido de epinastia (caída hacia abajo) de las hojas más viejas (Gonzales & Ferreira, 1993).

En la etapa de plántula, las plantas infectadas por *F. oxysporum* pueden marchitarse y morir poco después de que aparezcan los síntomas. En las plantas más viejas, compensación vena y epinastia hoja suelen ir seguidas de retraso del crecimiento, amarillamiento de las hojas inferiores, formación de raíces adventicias, marchitamiento de las hojas y tallos jóvenes, la defoliación, la necrosis marginal de las hojas restantes, y finalmente la muerte de toda la planta. El oscurecimiento del tejido vascular es una fuerte evidencia de la marchitez por *Fusarium*. Además, en las plantas más viejas, los síntomas generalmente se hacen más evidentes durante el período entre la floración y la maduración de la fruta (Gonzales & Ferreira, 1993).

Los síntomas en las hojas del marchitamiento por *Fusarium* pueden ser confundidos con los de la enfermedad bacteriana BXW. En las plantas afectadas por *Fusarium*,

amarillamiento y marchitamiento de las hojas progresa típicamente a partir de la más antigua de las hojas más jóvenes. Las hojas marchitas también pueden romperse en el pecíolo y colgar delseudotallo. En las plantas afectadas por *Xanthomonas*, el marchitamiento puede comenzar con cualquier hoja y las hojas infectadas tienden a romper a lo largo de la lámina de la hoja (Veniza, 2011).

#### **2.2.4 Biología de *Fusarium oxysporum***

En medios de cultivo sólido, tal como agar de dextrosa de patata (PDA), las diferentes formas especiales de *F. oxysporum* puede tener diferentes apariencias. En general, el micelio aéreo blanco aparece por primera vez, y luego puede cambiar a una variedad de colores que van de violeta al color púrpura oscuro, de acuerdo a la cepa (o forma especial) de *F. oxysporum*. Si los esporodocios son abundantes, la cultura puede parecer crema o de color naranja (Gonzales & Ferreira, 1993).

*F. oxysporum* produce tres tipos de esporas asexuales: Microconidios, Macroconidios, y clamidosporas. Microconidios son uno o dos células, y son el tipo de espora que más se produce en abundancia y frecuentemente por el hongo en todas las condiciones. Es también el tipo de esporas producida con mayor frecuencia dentro de los vasos de las plantas infectadas. Macroconidios son de tres a cuatro células, señalado de manera gradual y curvada hacia los extremos (Gonzales & Ferreira, 1993).

Estas esporas se encuentran comúnmente en la superficie de las plantas muertas por este patógeno. Las Clamidosporas son redondas, las esporas de paredes gruesas, producen ya sea terminal o intercalado en el micelio de esa edad o en macronidias. Estas esporas son de una o dos células (Gonzales & Ferreira, 1993).

### 2.2.5 Ciclo de la enfermedad

*F. oxysporum* es un saprofito abundante y activo en el suelo y la materia orgánica, con algunas formas específicas que son patógenos de plantas. Su capacidad saprófita le permite sobrevivir en el suelo entre los ciclos de cultivo en restos vegetales infectados. El hongo puede sobrevivir ya sea como micelio, o como cualquiera de sus tres tipos de esporas diferentes (Gonzales & Ferreira, 1993).

Las plantas sanas pueden infectarse por *F. oxysporum* si el suelo en el que están creciendo está contaminada con el hongo. El hongo puede invadir una planta, ya sea con su tubo de germen de esporangios o micelio por la invasión de raíces de la planta. Las raíces pueden ser infectadas directamente a través de las puntas de las raíces, a través de heridas en las raíces, o en el punto de formación de raíces laterales (Gonzales & Ferreira, 1993).

Una vez dentro de la planta, el micelio crece a través de la corteza de la raíz intercelular. Cuando el micelio alcanza el xilema, invade los vasos a través de los hoyos del xilema. En este punto, el micelio permanece en los vasos, en los que por lo general avanza hacia arriba, hacia el vástago y la corona de la planta. A medida que crece, las ramas de micelio y produce microconidios, que son transportados hacia arriba dentro del recipiente a modo de flujo de savia de la planta. Cuando las microconidias germinan, el micelio puede penetrar en la pared superior del recipiente de xilema, lo que permite más microconidias para ser producidos en el siguiente recipiente. El hongo también puede avanzar lateralmente como el micelio penetra en los vasos del xilema adyacentes a través de las fosas del xilema (Gonzales & Ferreira, 1993).

Debido al crecimiento del hongo en el tejido vascular de la planta, el suministro de agua de la planta se ve afectado en gran medida. Esta falta de agua induce estomas de las hojas para cerrar, las hojas se marchitan, y la planta finalmente muere. Es en este punto que el hongo invade el tejido parenquimatoso de la planta, hasta que finalmente llega a la superficie del tejido muerto, en el que esporula en abundancia. Las esporas resultantes



se pueden utilizar como nuevo inóculo para la propagación del hongo (Gonzales & Ferreira, 1993).

### **2.2.6 Epidemiología**

*F. oxysporum* se transmite principalmente a través de distancias cortas de agua de riego y maquinaria agrícola contaminada. El hongo también se puede propagar a través de largas distancias, ya sea en los trasplantes infectados o en el suelo. Aunque el hongo puede infectar a veces la fruta y contaminar su semilla, la propagación del hongo por medio de la semilla es muy rara. También es posible que las esporas se propaguen por el viento (Gonzales & Ferreira, 1993).

La temperatura óptima para el desarrollo de *Fusarium oxysporum* es de 25-28°C, el crecimiento se inhibe cuando la temperatura es cercana a 33°C y no es favorable por debajo de 17°C. Es capaz de crecer y esporular sobre un amplio rango de valores de pH (óptimo a pH 7.5-8.5); creciendo mejor en condiciones de oscuridad continua (DGSV-CNRF, 2011).

El hongo puede persistir en el suelo durante décadas, incluso en ausencia de una planta que pueda infectar. Puede sobrevivir en restos de plantas infestadas y en las raíces de huéspedes alternativos. El personal y los visitantes en una plantación tienen el potencial de mover el hongo dentro o fuera a través del suelo infestado de vehículos normalmente, las herramientas y los zapatos. Suelo no tratado usado como un medio de la maceta puede transmitir el hongo y animales también se puede mover alrededor de esporas de hongos presentes en el suelo (Veniza, 2011).

### **2.2.7 Control**

Debido a *F. oxysporum* y sus múltiples formas especiales afectan a una amplia variedad de huéspedes, la gestión de este patógeno se analiza con más detalle en los respectivos resúmenes. En general, algunos medios eficaces de controlar *F. oxysporum* incluyen: la

desinfección del material del suelo y la siembra con productos químicos fungicidas, rotación de cultivos con los no-anfitriones del hongo, o mediante el uso de cultivares resistentes (Gonzales & Ferreira, 1993).

El hongo no puede ser controlado usando fungicidas y no puede ser erradicado de suelo utilizando los fumigantes. Drenaje, las condiciones ambientales y el tipo de suelo influyen en las interacciones huésped-patógeno. Los suelos que suprimen la enfermedad han sido reportados en América Central, las Islas Canarias, Australia y Sudáfrica. Sin embargo, los factores químicos, biológicos y físicos responsables de este fenómeno no se conocen bien (Veniza, 2011).

### **2.3 *Bacillus amyloliquefaciens***

*Bacillus amyloliquefaciens* es una bacteria de Gram positiva, está relacionada estrechamente con bacterias de suelo de la especie *Bacillus subtilis*. Las dos especies comparten muchos genes homólogos y aparecen tan similares que no es posible separar visualmente las dos especies (Muradian, 2015).

La estructura, el metabolismo, y ciclo de vida *B. amyloliquefaciens* son varillas gram positivas con flagelos peritricos permitiendo la motilidad. Las células a menudo aparecen como largas cadenas a diferencia de muchas otras especies de *Bacillus* que se forman como células individuales. La temperatura óptima para el crecimiento celular es de entre 30 y 40 grados Celsius. Al igual que en otras especies de *Bacillus*, *B. amyloliquefaciens* formula esporas que permiten la supervivencia durante un largo período de tiempo. Sus Endosporas aparecen en el centro de las células que no tienen una apariencia inflamada. (Muradian, 2015).

#### **2.3.1 Taxonomía**

La clasificación taxonómica de *Bacillus amyloliquefaciens* está definida por el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Taxonomía de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Reino	Bacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Genero	<i>Bacillus</i>
Especie	<i>B. amyloliquefaciens</i>

Fuente: (ITIS, 2014)

### 2.3.2 Ecología y patogenicia

*Bacillus amyloliquefaciens* es una bacteria del suelo no patógena para las plantas. Al igual que en otras especies *Bacillus amyloliquefaciens* es capaz de producir endosporas que le permite sobrevivir durante largos períodos de tiempo. La especie también muestra algunas propiedades antifúngicas que son influenciados por la disponibilidad de nitrógeno del medio ambiente (Muradian, 2015).

Cepas antagonistas microbianos capaces de producir los dos compuestos no volátiles y compuestos volátiles (COV), que presentan una fuerte actividad inhibidora contra patógenos de plantas, han recibido mucha atención (Yuan *et. al*, 2012).

### 2.3.3 Estudios realizados de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre *Fusarium oxysporum*

Se hizo un ensayo de antagonista de los COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) contra compartimento fungi. Una de las placas dividido que contiene modificado medio MS se inoculó con *Bacillus amyloliquefaciens* (NJN-6), a excepción de las placas de control (Yuan *et. al*, 2012).

Otro compartimento que contiene medio PDA se utilizó para *F. oxysporum* para probar la inhibición del crecimiento, o 100 µl de solución de esporas (108 CFU / ml) se extendió uniformemente para probar la capacidad de los compuestos orgánicos volátiles para inhibir la germinación de las esporas de los hongos, en 10 g de tierra enferma de plátano de Ledong, provincia de Hainan, fue introducido en un compartimento (Yuan *et. al*, 2012).

Las placas se incubaron a 28 ° C durante 3 días, y luego se midieron los diámetros del crecimiento de hongos en diferentes placas. La inhibición de las esporas de hongos de los suelos por COV se determinó usando sales de hidratos de carbono de Komada (SC) medio (9) después de 45 días de incubación (Yuan *et al.*, 2012).

La actividad antifúngica de los COV bacterianas contra *F. oxysporum*. Los COV producidos por NJN-6 redujo el crecimiento del micelio y la germinación de las esporas de *F. oxysporum* en comparación con las placas de control. El COV disminuyó la longitud de micelios de hongos, y las colonias parecía reducirse significativamente. La inhibición de *F. oxysporum* por COV fue de aproximadamente 30% a 40% en comparación con el control después de 3 días, lo que sugiere que los COV bacterianas no fueron capaces de matar *F. oxysporum*, pero tuvo un efecto significativamente inhibitor sobre micelios fúngicos (Yuan *et. al*, 2012).

Los compuestos orgánicos volátiles producidos por NJN-6 antagoniza fuertemente *F. oxysporum* en el suelo y la cantidad de *F. oxysporum* en la tierra tratada fue 102 g-1 después de 45 días mientras que era 104 g-1 en el suelo control. La investigación ha demostrado que la abundancia de los nutrientes en el suelo aumentó la producción de compuestos orgánicos volátiles bacteriana, lo que sugiere que la cantidad de materia orgánica en el suelo podría afectar a la capacidad de NJN-6 para liberar COV en el suelo (Yuan *et. al*, 2012).

Antibióticos no volátiles, incluyendo lipopéptidos, tienen fuertes actividades antifúngicas. Sin embargo, estos antibióticos no volátiles no pueden propagarse a través de largas distancias, y sólo cuando estos antagonistas colonizan directamente las raíces de las

plantas pueden prevenir hongos patógenos de las plantas infectante. Por el contrario, los COV se puede propagar a una gran distancia, y existir microambientes fungistáticos en torno a las comunidades antagonistas. Además, los COV antifúngicos producidos por las bacterias pueden matar esporas supervivientes en el suelo y limitar tanto la producción como el establecimiento de la enfermedad (Yuan *et. al*, 2012).

En otro estudio, se utilizó la bacteria (*B. amyloliquefaciens* SQR9) con varios compuestos antifúngicos para suprimir un hongo patógeno específico. Estas combinaciones dependido de confrontación con el hongo patógeno y tenía una respuesta específica de la especie. La evidencia de la comunicación entre especies entre estos patógenos en particular es especialmente intrigante, debido a sus orígenes y atributos ecológicos (Li, Xu, ZHan, Shem, Zhang, 2014).

Se estudió la respuesta de *B. amyloliquefaciens* SQR9 a diferentes competidores en enfrentamientos uno-a-uno. Sin embargo, las bacterias es probable que se produzcan varios competidores diferentes al mismo tiempo en los entornos naturales. En tales situaciones, la producción de un antibiótico de amplio espectro sería una estrategia beneficiosa para SQR9 para abordar diversos competidores (Li *et. al*, 2014).

Estos ensayos se dieron *in vitro* por lo que no permiten un análisis en profundidad de los mecanismos fundamentales que subyacen en las interacciones microbianas. Los resultados demostraron que *B. amyloliquefaciens* SQR9 tiene una transcripción específica de la especie y la respuesta metabólica a los competidores, que pueden proporcionar nuevos conocimientos en la identificación de señales específicas en las interacciones de las bacterias-hongos y de las estrategias competitivas, nuevos rasgos y genes antimicrobianos. En este estudio se probó como es que tiene genes anti fúngicos que afectan a seis hongos entre ellos *F. oxysporum* (Li *et. al*, 2014).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El cultivo de arveja es un cultivo importante para Guatemala ya que el MAGA estimó en el 2014 que se plantan alrededor de 4,500 manzanas solo en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, Sololá y Quiché. Una gran parte de esta arveja se exporta a los Estados Unidos y a Europa.

En los últimos años, los rendimientos de este cultivo, se han visto afectados por la pudrición de raíces causada por *Fusarium oxysporum*, este es un patógeno que provoca clorosis y marchitez. A este hongo se le atribuye las mayores pérdidas económicas pérdidas económicas del 50 al 100% si no se toman medidas preventivas. (Pabón & Castaño, 2012).

En la actualidad se han desarrollado prácticas culturales, control biológico y control químico, siendo este último el más utilizado por ser económico y eficaz, en comparación con otras medidas (Villa, *et al* 2014). Estos métodos aunque ejercen control, algunos tienen efectos colaterales.

*Bacillus amyloliquefaciens* es una bacteria del suelo no patógena. Al igual que en otras especies de *Bacillus* esta es capaz de producir endosporas que le permite sobrevivir durante largos períodos de tiempo. La especie se ha demostrado que tiene algunas propiedades antifúngicas; se ha probado en varios experimentos que esta bacteria puede retrasar la propagación de *Fusarium oxysporum* mas no erradicarlo. En un estudio realizado por Yuan, *et al* (2015) se comprobó esto.

Por lo anterior con la puesta en marcha de la presente propuesta, se pretende trabajar en la búsqueda de alternativas biológicas que no tengan los efectos colaterales ya mencionados, este es el caso de *Bacillus amyloliquefaciens* para poder brindar una recomendación técnica en el uso de este agente de control biológico dentro de un plan de manejo integrado de *F. oxysporum*.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre la incidencia de *Fusarium oxysporum* en la producción de arveja china.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el daño de *F. oxysporum* en plantas de arveja china, en función de las concentraciones de *B. amyloliquefaciens* a evaluar.
- Cuantificar el rendimiento en función del efecto de las concentraciones de *B. amyloliquefaciens*.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1 HIPÓTESIS ALTERNA (H<sub>a</sub>):

Al menos una concentración a evaluar de *B. amyloliquefaciens* tendrá efecto sobre el daño causado por *Fusarium oxysporum* en arveja.

Al menos una concentración a evaluar de *B. amyloliquefaciens* tendrá efecto sobre el rendimiento en arveja.



## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó en el municipio de Patzún en el departamento de Chimaltenango. Este departamento es uno de los más afectados por *Fusarium oxysporum*. El lugar se eligió con base a antecedentes de la enfermedad y se asumió que había distribución homogénea de la misma.

### 6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Para la realización de este estudio se utilizó el siguiente material:

- Semilla de arveja dulce variedad Oregon Sugar Pod.
- Amylo-X 25 WG: producto a base de *Bacillus amyloliquefaciens* var *plantarum* cepa D-747 a una concentración de  $5 \times 10^{10}$  ufc/g.
- Serenade 1.34 SC: producto a base de *Bacillus subtilis* cepa QST, 713 a una concentración de  $1 \times 10^9$  ufc/g

### 6.3 FACTOR A ESTUDIAR

El factor a estudiar en esta investigación fueron las concentraciones de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre *Fusarium oxysporum*.

## 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 6. Tratamientos a evaluar en arveja china.

Tratamiento	Agente de control	Producto	Concentración de la bacteria	Dosis de producto comercial
T1	Sin aplicación	Sin aplicación	Sin aplicación	Sin aplicación
T2	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Amylo-X WG	25 1.25x10 <sup>13</sup> ufc/ha	0.250kg/ha
T3	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Amylo-X WG	25 1.875x10 <sup>13</sup> ufc/ha	0.375kg/ha
T4	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Amylo-X WG	25 2.5x10 <sup>13</sup> ufc/ha	0.500kg/ha
T5	<i>Bacillus subtilis</i>	Serenade 1.34 SC	1x10 <sup>12</sup> ufc/ha	1L/ha

Se hicieron 3 aplicaciones de cada tratamiento. La primera fue a los 26dds, la segunda a los 41 dds y la tercera a los 49 dds en estas se realizaran en drench o al pie de la planta utilizando el volumen de agua suficiente para que los microorganismos benéficos logren colonizar la rizósfera.

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos con tres repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta asociada a la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima dosis de *Bacillus amyloliquefaciens*

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$e_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Consistió en 15 surcos de 30m de largo, 1m entre cada surco y 0.05m entre planta. Haciendo un área de 450 metros cuadrados. Las parcelas brutas fueron de 6m de largos y tomando 5 surcos. Las parcelas netas consistieron en tomar 3 de 5 surcos del medio sin tomar un metro de las orillas haciendo esto de 4m de largo y 2m de ancho (8m<sup>2</sup> de área). En esta área se sembraron 240 plantas.

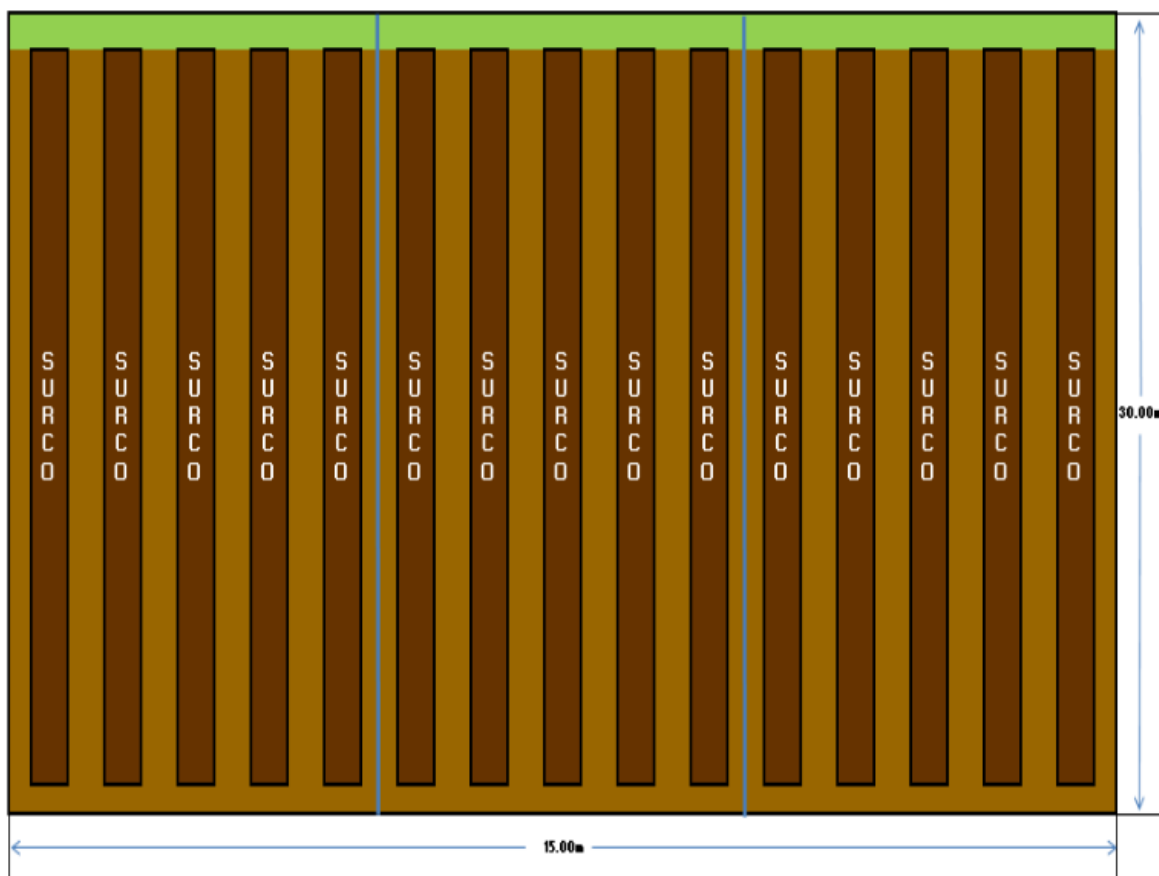


Figura 2. Unidad experimental.

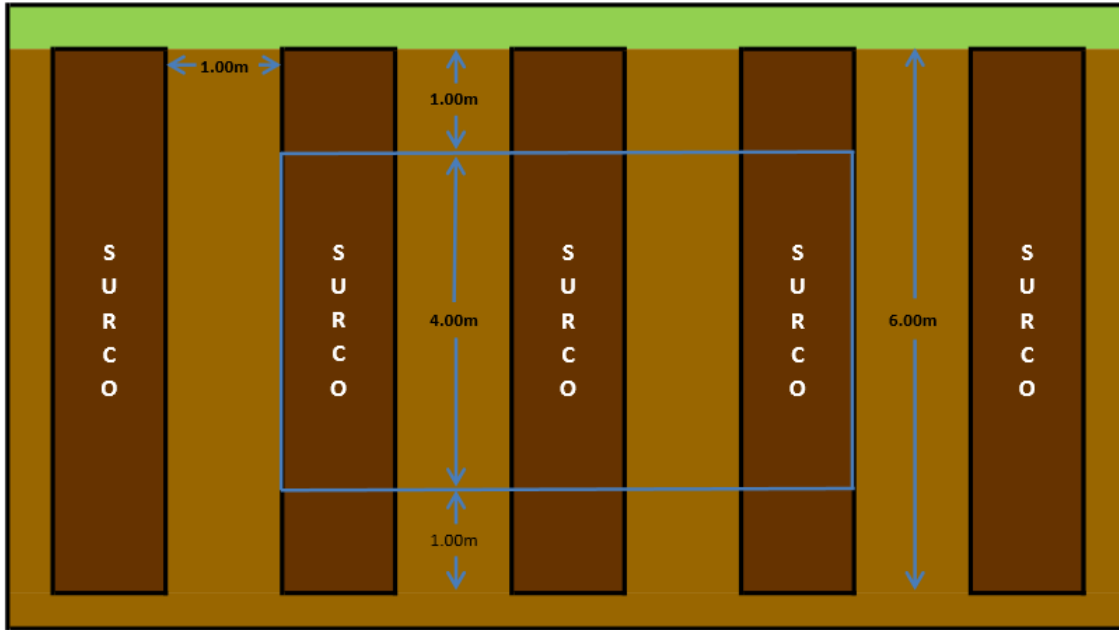


Figura 3. Parcela neta.

## 6.8 CROQUIS

Cuadro 7. Croquis de los tratamientos a utilizar en campo.

I	II	III
T3	T5	T1
T5	T2	T4
T1	T1	T3
T2	T4	T2
T4	T3	T5

## 6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.9.1 Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno fueron arado, rastrado, y surcado (Carapaz & Roman, 2012).

## 6.9.2 Siembra

El cultivo se inicia por medio de siembra directa, cada semilla se ubica cada 5cm. Luego del riego correspondiente a la siembra, debe regarse el cultivo cuando las plantas ya desarrollaron sus primeras hojas verdaderas, ya que durante la geminación los excesos de agua pueden afectar mucho el porcentaje de implantación (Carapaz & Roman, 2012).

## 6.9.3 Riego

La arveja es un cultivo tolerante a la sequedad y si se le da riego en tiempo seco, da mayor cantidad de frutos. La necesidad hídrica de este cultivo fluctúa entre 300-350mm. de agua, durante su ciclo de vida, siendo la época más crítica la de crecimiento y floración luego de este tiempo es necesario la época seca (Prado, 2008).

## 6.9.4 Fertilización

La fertilización se realiza con base en el análisis de suelo. De no contarse con este, se recomienda aplicar cuatro sacos de un quintal por hectárea de 18-46-0 al momento de la siembra. Si el área es pobre en nitrógeno, se sugiere aplicar úrea en forma foliar, 2 kg en 200 litros de agua/ha (Carapaz & Roman, 2012).

## 6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

### 6.10.1 Daño por *Fusarium oxysporum*

Esta variable se midió a través del indicador porcentaje de incidencia, el cual se calculó de la siguiente manera:

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

### **6.10.2 Rendimiento de arveja dulce**

Esta variable se midió a través de la suma del peso (kg) de vaina recolectado en cada corte.

### **6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza para cada variable detallada. Por otra parte se hizo un análisis de ABC(área bajo la curva) para mostrar la tasa de infección con cada tratamiento.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. INCIDENCIA DE *FUSARIUM OXYSPORUM*

A continuación, en la figura 4 se muestran los resultados obtenidos en las lecturas realizadas para la medición de incidencia en cada tratamiento evaluado.

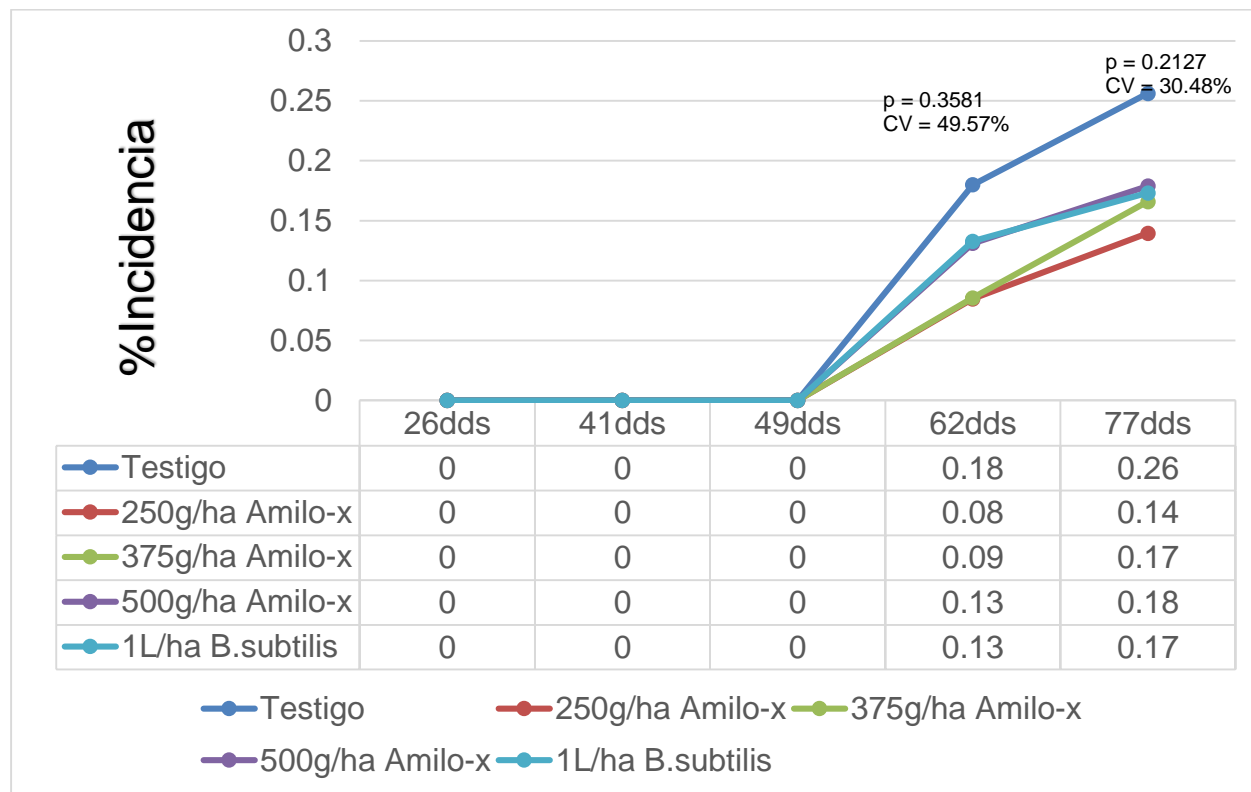


Figura 4. Porcentaje de incidencia de los 5 tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de Varianza primera toma de datos

LECTURA	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
01-abr	INCIDENCIA	15	0.49	0.11	49.57

Cuadro 9 Análisis de la Varianza (SC tipo III) primera toma de datos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	6	4.8E-03	1.28	0.3620
TRATAMIENTO	0.02	4	4.7E-03	1.27	0.3581
BLOQUE	0.01	2	4.9E-03	1.31	0.3211
Error	0.03	8	3.7E-03		
<u>Total</u>	<u>0.06</u>	<u>14</u>			

Cuadro 10. Análisis de Varianza segunda toma de datos

LECTURA	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
15-abr	INCIDENCIA	15	0.49	0.11	30.48

Cuadro 11 Análisis de la Varianza (SC tipo III) segunda toma de datos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	6	4.0E-03	1.29	0.3611
TRATAMIENTO	0.02	4	0.01	1.85	0.2127
BLOQUE	9.6E-04	2	4.8E-04	0.16	0.8588
Error	0.02	8	3.1E-03		
Total	0.05	14			

Como se puede observar en la figura 4 y en el análisis estadístico ANDEVA en los cuadros 8, 9, 10 y 11 ninguno de los cinco tratamientos mostró diferencia significativa en efecto sobre la incidencia de *Fusarium oxysporum* en arveja china. Esto probablemente se vio afectado a que no se hizo una aplicación previa a la siembra del cultivo ya que el tipo de control que se desea tener utilizando esta bacteria es preventivo y de esta forma probablemente si se podría ver una diferencia significativa entre tratamientos.

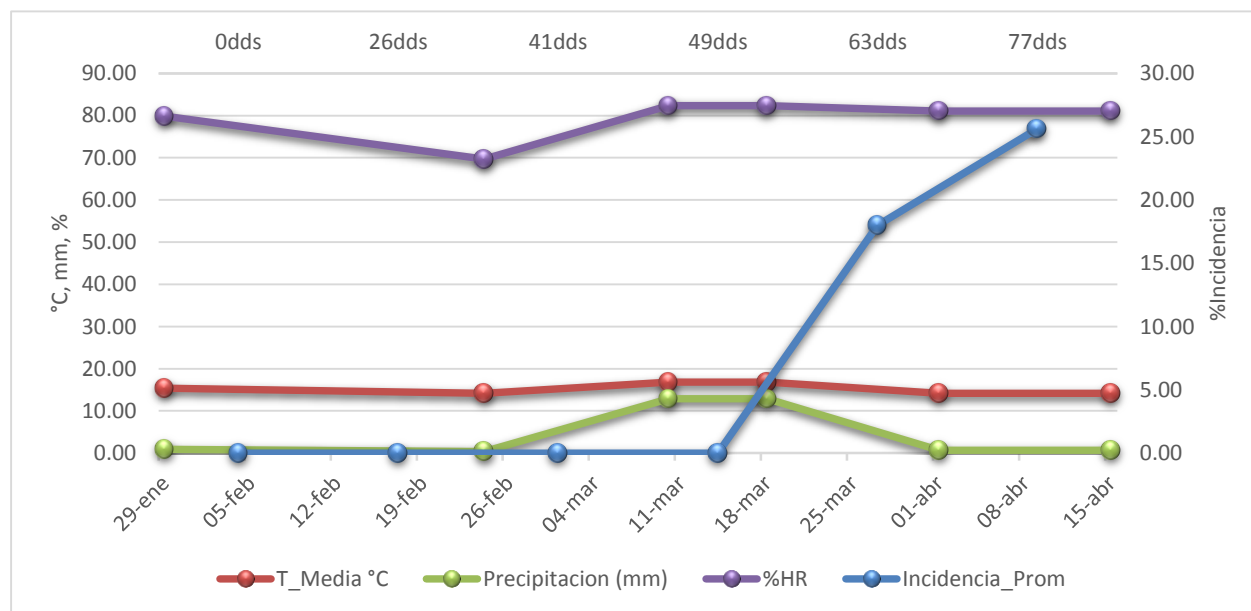


Figura 5. Porcentaje de incidencia del testigo comparado con las variables climáticas.



Al observar la curva de incidencia acumulada del testigo en la figura 5 se denota que no existió mucha enfermedad durante el ciclo del cultivo ya que el testigo llegó a escasamente a un 26% de incidencia en la última medición. Esto probablemente fue debido a que no existieron condiciones ambientales idóneas para el desarrollo del hongo, ya que según la DGSV-CNRF (2011) el hongo necesita estar entre 25-28°C y en promedio se tuvieron temperaturas más bajas de lo deseado para que el hongo se pudiera propagar correctamente como se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12. Temperaturas promedio de meses de enero a abril.

Mes	Temperatura (°C)
Enero	15.4
Febrero	14.2
Marzo	16.8
Abril	18.2

Por otra parte, se vio que la temperatura media en los meses de febrero y marzo fueron menores a los 17°C y a esta temperatura como dice la DGSV-CNRF el desarrollo del patógeno no es favorable por debajo de esta temperatura. A pesar que en abril se tuvo un promedio de 18.2°C, ya se estaba cosechando y no fue suficiente para que el hongo tuviera el desarrollo dentro del cultivo.

Por otra parte, el *F. oxysporum* necesita que exista bastante humedad en el suelo y no existió mucha precipitación (solo 7 días llovió) como se muestra en el cuadro 13. Como se muestra en la figura 5 la incidencia aumento conforme llegaron los días en los que hubo precipitación. Normalmente el patógeno llega a abarcar la mayoría de la población en arveja y en este caso no se pudo observar esto ya que ni el testigo pudo superar el 30% de incidencia del hongo por esto mencionado se cree que afectó para que no se pudiera observar un efecto significativo entre los tratamientos aplicados. Como se puede revisar en la tesis de Cruz (2013) la incidencia de *Fusarium oxysporum* en todos los

tratamientos aplicados en ese ensayo rebasó el 60% de infección en promedio durante todo el estudio e incluso llegó al 100% en la etapa de cosecha.

Cuadro 13. Milímetros de lluvia en meses de enero a abril.

Mes	mm
Enero	0.9
Febrero	0,4
Marzo	12.9
Abril	0.1

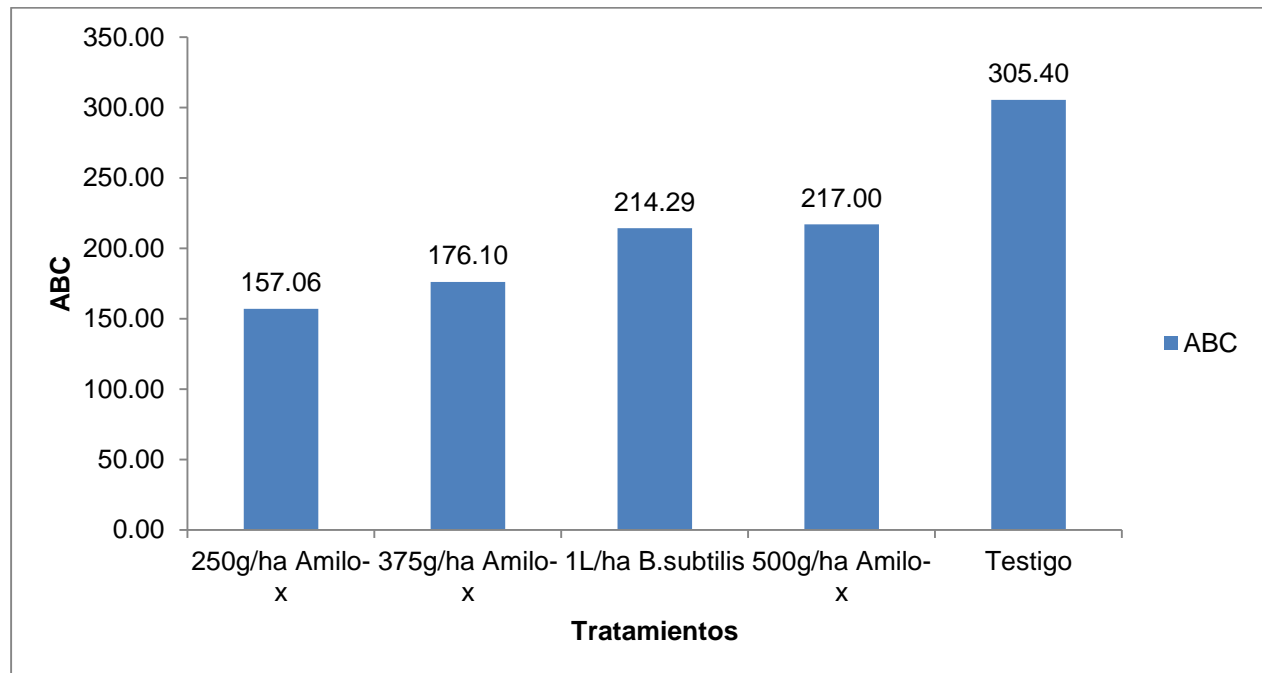


Figura 6. Área bajo la curva de los 5 tratamientos.

En la figura 6 se muestra el área bajo de la curva que toma en cuenta las variables de incidencia conforme el tiempo se puede observar que el testigo tiene más unidades esto quiere decir su tasa de infección es mayor y el tratamiento de 250g/ha de Amilox fue el que tuvo menor tasa de infección.

## **7.2. RENDIMIENTO DE ARVEJA CHINA**

El rendimiento de la arveja no se pudo cuantificar por la precocidad en la cosecha. El rendimiento fue el promedio en la zona y no se notó diferencia entre las zonas aplicadas y las que no se trataron. Aunque esta variable es importante no es lo suficientemente robusta para la medición del efecto de los tratamientos. Esta no se tomó en cuenta para el análisis de la información.

## **7.3 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**

En las condiciones dadas no se tuvo mayor incidencia del hongo por lo que se puede discutir que es factible sembrar en esta temporada para que el rendimiento no se vea afectado por la presencia de dicho patógeno. Una de las primeras prácticas para un manejo integrado de plagas es la evasión, es decir como el patógeno no resulta capaz de propagarse correctamente en esta época es cuando es más favorable sembrar y se genera un mayor porcentaje de utilidad ya que no se tendría que usar plaguicidas para controlar el hongo.

## 8. CONCLUSIONES

- No se observaron diferencias estadísticas del daño de *F. oxysporum* entre las concentraciones de *B. amyloliquefaciens*. Se pudo observar en el testigo un máximo de incidencia de 26%.
- Se obtuvo entre los tratamientos el rendimiento promedio de la zona sin diferencias, sin embargo, por las condiciones climáticas que se presentaron se observó precocidad en la cosecha.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer una réplica de esta investigación en áreas de siembra de arveja con mayor presión de *Fusarium* spp.
- Dada las condiciones que se presentaron en el área, se recomienda considerar la fecha de siembra como una herramienta para evadir el patógeno desde una perspectiva de MIP.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Carapaz, A. & Roman, N. (2012). Respuesta de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L) a cuatro aplicaciones de biofertilizantes en Bolívar -Provincia del Carchi. Obtenido en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2038/2/03%20AGP%20147%20TESIS.pdf>.
- Cruz, O. (2013). Evaluación de cuatro fungicidas para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi en el cultivo de arveja dulce (*Pisum sativum* L.). Tesis de grado. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
- DGSV-CNRF. (2011). Mal de Panamá raza 4 (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 4). Obtenido en: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs\\_Resources\\_2015/TR4/ficha\\_panama.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/ficha_panama.pdf)
- Gonsalves, A. & Ferreira, S. (1993). *Fusarium oxysporum*. Obtenido en: [http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/f\\_oxys.htm](http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/f_oxys.htm).
- Holt, J., Ludica, (2010). Taxa of life. Obtenido en: <http://comenius.susqu.edu/bi/202/Taxa.htm>
- ITIS. (2014). Catalogue of Life: 2014 Annual Checklist. Obtenido en: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2014/details/species/id/11471802>
- ITIS. (2014). Catalogue of Life: 2014 Annual Checklist. Obtenido en: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2014/details/species/id/14038680>
- ITIS. (2014). Catalogue of Life: 2014 Annual Checklist. Obtenido en: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2014/details/species/id/4257352>
- Li B, Li Q, Xu Z, Zhang N, Shen Q and Zhang R. (2014) Responses of beneficial *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 to different soilborne fungal pathogens through the alteration of antifungal compounds production. *Front. Microbiol.* Obtenido en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2014.00636/full>
- MAGA. (2014). Agro en Cifras. Obtenido en: <http://web.maga.gob.gt/download/1agro-cifras2014.pdf>
- MAGA. (2014). Perfil comercial de arveja china. Obtenido en: <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20arveja%20china.pdf>
- Muradian, M. (2015). *Bacillus amyloliquefaciens*. Obtenido en: [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillus\\_amyloliquefaciens](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillus_amyloliquefaciens)

- Nolasco, S. (2004). Evaluación de diferentes densidades de siembra de haba (vicia faba l.) como cultivo trampa para trips (triphys sp.) en el cultivo de arveja china (pisum sativum l.) en la aldea Xeabaj, Santa Apolonia, Chimaltenango. Obtenido en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2099.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2099.pdf)
- Pabón, J. & Castaño, J. Manejo de la pudrición radical de la arveja (Pisum sativum Linneo) causada por *Fusarium oxysporum*. Obtenido en: [http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia20\(2\)\\_5.pdf](http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia20(2)_5.pdf)
- Prieto, M. (2007). Pautas para el manejo del cultivo de Arveja. Obtenido en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-pautas-para-el-manejo-del-cultivo-de-arveja-final.pdf>
- Vézina, A. (2011). Fusarium wilt of banana. Obtenido en: <http://www.promusa.org/tiki-index.php?page=Fusarium+wilt>
- Villa, A., Pérez, R., Basurto, M., Soto, J. & Martínez, E. (2014). Situación actual en el control de Fusarium spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. Obtenido en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n2/v64n2a11.pdf>
- Yuan, J., Raza, W., Shen, Q. & Huang, Q. (2012). Antifungal Activity of Bacillus amyloliquefaciens NJN-6 Volatile Compounds against Fusarium oxysporum f.sp. cubense. Obtenido en: <http://aem.asm.org/content/78/16/5942.full>

## 11. ANEXOS

Cuadro 14. Cronograma de actividades.

	Mes	1				2				3				4			
	semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
actividades	Compra de semilla	X															
	Preparación del terreno	X											X				
	Tutoreado	X															
	Siembra		X														
	Aplicación de fertilizante		X			X			X								
	Aplicación de nematicida		X														
	Aplicación de gallinaza		X														
	1ra aplicación				X												
	2da aplicación						X										
	3era aplicación								X								
	Cosecha												X	X	X	X	X
	Toma de datos				X		X		X				X	X	X	X	X