

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* EN EL CRECIMIENTO RADICULAR Y RENDIMIENTO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.**

**JUAN ADRIÁN MARROQUÍN ESTRADA**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2016**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* EN EL  
CRECIMIENTO RADICULAR Y RENDIMIENTO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus  
vulgaris* L.) EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR:**

**JUAN ADRIÁN MARROQUÍN ESTRADA**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, AGOSTO 2016**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

Decano	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
Vocal I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
Vocal II	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
Vocal III	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz López
Vocal IV	Br. Ind. Milton Juan José Caná Aguilar
Vocal V	P. Forestal Cristian Alexander Méndez López
Secretario	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, agosto de 2016

Guatemala, agosto de 2016

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: “Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* en el crecimiento radicular y rendimiento de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.”; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Juan Adrián Marroquín Estrada

## **ACTO QUE DEDICO**

**A**

**DIOS**

Gracias por darme la vida por cada cuidado, por cada instante que me permite vivir en este mundo, cada bendición, reto, enseñanza ha sido de bien sin importar los momentos difíciles pues de ellos aprendo cada vez para ser mejor persona.

**MIS PADRES**

Juan Adrián Marroquín Rivera y Duina Maricely Estrada de Marroquín, a quienes agradezco de todo corazón por todo el apoyo incondicional diariamente en todos los aspectos de mi vida, por su amor por darme buenos ejemplos, consejos, sacrificios y regaños. Los llevo en mi corazón.

**MIS HERMANAS**

Kimberly y Astrid Marroquín Estrada, por su apoyo, cariño, por cada momento especial que hemos compartido y espero seguir compartiendo cada vez que pueda las quiero demasiado, son un ejemplo que me inspiran a ser mejor cada día.

**MIS ABUELITOS**

Gracias por enseñarme tanto de pequeño, por darme unos padres maravillosos, gracias por tanto cariño y tanto cuidado.

## **MIS TIOS**

Gracias por todo el cariño brindado en todo momento de mi vida, por acompañarme en cada etapa de mi formación, a cada uno por nombre quiero agradecerle todo el cariño durante todo este tiempo son muy especiales.

## **MIS PRIMOS**

Les agradezco por cada experiencia que hemos pasado juntos, son bastante especiales para mí los quiero mucho a todos, cada quien sabe lo especial que es para mí y lo mucho que los quiero, un abrazo.

## **MIS AMIGOS**

Carlos Román, Paola Per, Iván Martínez, Julia Castellanos, Astrid Mérida, Mario Aroche, Jorge Rojas, Mónica Quiñonez, Carlos Reynosa, Ana Alfaro, Mafer Ugarte, Keyla Patzan, Nancy Bran, Luis González, Marvin Ventura, Gerardo García, Rony Veliz, Alejandra Moran, gracias por su apoyo saben cuánto significan para mí, de todo corazón.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

**Dios** por darme la vida, ser el guía en mi diario vivir, por permitirme llegar a este momento especial en mi vida, que paso el tiempo y aunque pensé que no lo lograría, aquí estoy.

**Mis padres** por siempre estar conmigo y ayudarme a alcanzar esta meta.

**Mis Hermanas** por brindarme alegrías en cada momento que compartimos juntos.

**Universidad de San Carlos de Guatemala** por ser mi *Alma Mater* y brindarme la oportunidad de haber ingresado y egresado de ella.

**Facultad de Agronomía** por darme las herramientas necesarias para ser un buen profesional, por cada momento durante mi etapa de formación, estaré siempre agradecido.

**Mi Asesor** el Ing. Agr. Edgar Franco por el gran apoyo en la creación con el documento de investigación, por cada regaño, cada apoyo, cada enseñanza, esa paciencia ese tiempo brindado durante seminarios.

**Al laboratorio de Biotecnología** Gracias por ayudarme en la toma de datos del experimento Kristal García y Astrid Mérida, quienes estuvieron conmigo tomando datos en varias ocasiones y lo hacían con gusto sin importar otras actividades que tenían que hacer.

**Ing. Agr. Ronald Estrada** por el apoyo con cepas de *Trichoderma harzianum* y la enseñanza sobre microorganismos para mi investigación

**Tierra de Árboles** por su aceptación para mi EPS y ayudarme en mi formación profesional.

**Ing. Alejandra Agosto** por el apoyo durante el proceso de EPS en la empresa Tierra de Árboles.





# ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO I	
1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VEGETALES DE LA FINCA CHAPARRAL, PERTENECIENTE A LA EMPRESA TIERRA DE ÁRBOLES S.A., ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.....	0
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 METODOLOGÍA .....	5
1.5 RESULTADOS.....	7
1.5.1 Análisis de información.....	7
1.6 CONCLUSIONES.....	13
1.7 RECOMENDACIONES .....	14
1.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15
2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Glomus intraradices</i> EN EL CRECIMIENTO RADICULAR Y RENDIMIENTO DE EJOTE FRANCÉS ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A. ....	16
2.1 INTRODUCCIÓN .....	17
2.2 MARCO TEÓRICO.....	19
2.2.1 Marco conceptual .....	19
2.2.2 Origen y clasificación botánica del ejote francés .....	19
2.2.3 Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de ejote francés .	20
A. Clima.....	20
B. Suelo.....	20
2.2.4 Fenología del ejote francés .....	20
A. Fase vegetativa.....	20
B. Fase reproductiva .....	21

	Página
2.2.5	Morfología del ejote francés ..... 22
	A. La raíz ..... 22
	B. El tallo ..... 25
2.2.6	Hábito de crecimiento ..... 27
2.2.7	Flor de ejote francés ..... 28
2.2.8	Fruto de ejote francés ..... 29
2.2.9	Época de siembra ..... 30
2.2.10	Preparación del terreno ..... 30
2.2.11	Siembra ..... 30
2.2.12	Fertilización ..... 31
2.2.13	Plagas que afectan al cultivo ..... 31
	A. Plagas del suelo y su control ..... 32
	B. Plagas del follaje y su control ..... 33
	C. Plagas del follaje (Masticadoras) y su control ..... 33
2.2.14	Enfermedades que afectan al cultivo de ejote ..... 34
	A. Antracnosis ..... 34
2.2.15	Control cultural ..... 35
2.2.16	Control químico ..... 35
2.2.17	Control de malezas ..... 35
2.2.18	Cosecha ..... 36
2.2.19	<i>Trichoderma harzianum</i> ..... 36
2.2.20	Morfología de <i>Trichoderma harzianum</i> ..... 37
2.2.21	Ecología de <i>Trichoderma harzianum</i> ..... 38
2.2.22	Factores que influyen en el crecimiento de <i>Trichoderma harzianum</i> ..... 39
2.2.23	Mecanismos de antagonismo ..... 42
2.2.24	Micro parasitismo ..... 42
2.2.25	Competencia ..... 43
2.2.26	Producción de enzimas ..... 44
2.2.27	<i>Glomus intraradices</i> ..... 44

2.2.28	Esporas .....	45
2.2.29	Capas de esporas de <i>Glomus intraradices</i> .....	45
2.2.30	Hifas .....	46
2.2.31	Germinación .....	46
2.2.32	Estructuras micorrízicas .....	46
2.2.33	Interacción entre <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Glomus intraradices</i> ..	47
2.2.34	Marco referencial.....	48
2.2.35	Ubicación geográfica.....	48
2.2.36	Suelo .....	50
2.2.37	Precipitación.....	50
2.2.38	Vientos .....	50
2.2.39	Radiación solar.....	51
2.2.40	Material de ejote francés (Serengeti).....	51
2.2.41	<i>Trichoderma</i> utilizado .....	52
2.2.42	<i>Glomus intraradices</i> utilizado .....	52
2.3	OBJETIVOS.....	54
2.3.1	Objetivo general .....	54
2.3.2	Objetivos específicos.....	54
2.4	HIPÓTESIS.....	55
2.5	METODOLOGÍA .....	56
2.5.1	Diseño experimental.....	56
2.5.2	Modelo estadístico.....	56
2.5.3	Tratamientos .....	57
2.5.4	Unidad experimental.....	57
2.5.5	Parcela bruta .....	57
2.5.6	Parcela neta .....	57
2.5.7	Distribución de tratamientos en campo .....	58
2.5.8	Variables de respuesta.....	58
	A. Peso seco en raíces.....	58
	B. Altura de las plantas.....	59

	Página
C. Número de nódulos en las raíces .....	59
D. Rendimiento .....	59
2.5.9 Manejo agronómico .....	59
A. Preparación de sustrato para uso en experimento .....	59
B. Siembra .....	60
C. Fertilización .....	60
D. Control de malezas .....	60
E. Monitoreo y control de plagas .....	60
F. Monitoreo y control de enfermedades .....	60
G. Análisis de la información .....	61
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	68
2.6.1 Efecto del <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Glomus intraradices</i> en el rendimiento del ejote francés .....	68
2.6.2 Relación entre el incremento radicular y la producción de ejote francés .....	70
2.6.3 Efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Glomus intraradices</i> y la coinoculación en la nodulación de <i>Rhizobium</i> en ejote francés ....	74
2.7 CONCLUSIONES .....	78
2.8 RECOMENDACIONES .....	79
2.9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	80
2.10 ANEXOS .....	85
3 SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA EMPRESA TIERRA DE ÁRBOLES S.A. ....	90
3.1 INTRODUCCIÓN .....	91
3.2 OBJETIVOS .....	92
3.2.1 Objetivo General .....	92
3.2.2 Objetivos específicos .....	92
3.3 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y MEDIO AMBIENTE .....	93
3.3.1 INTRODUCCIÓN .....	93
3.4 OBJETIVOS .....	94
3.4.1 Objetivo General .....	94

3.4.2	Objetivos Específicos .....	94
3.4.3	METODOLOGÍA.....	94
	A. Temas expuestos.....	94
3.4.4	RECURSOS .....	95
3.4.5	RESULTADOS OBTENIDOS .....	95
3.5	INSPECCIÓN DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA EN CAMPO Y APLICACIONES DE PESTICIDAS EN CAMPO .....	98
	3.5.1 INTRODUCCIÓN.....	98
3.6	OBJETIVOS.....	99
	3.6.1 Objetivo General.....	99
	3.6.2 Objetivos específicos.....	99
	3.6.3 METODOLOGÍA.....	99
	3.6.4 RECURSOS .....	99
	3.6.5 RESULTADOS OBTENIDOS .....	100
	3.6.6 EVALUACIÓN .....	101
3.7	APOYO EN CERTIFICACIÓN GLOBAL GAP Y LLENADO DE REGISTROS DE TODAS LAS ACTIVIDADES EN CAMPO .....	102
	3.7.1 INTRODUCCIÓN.....	102
3.8	OBJETIVOS.....	103
	3.8.1 Objetivo general .....	103
	3.8.2 Objetivos Específicos .....	103
	3.8.3 METODOLOGÍA.....	103
	3.8.4 RECURSOS .....	103
	3.8.5 RESULTADOS OBTENIDOS .....	104
	3.8.6 EVALUACIÓN .....	106
	3.8.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de finca Chaparral .....	3
Figura 2. Escala de desarrollo en una planta de ejote francés.....	21
Figura 3. Sistema radical inicial.....	23
Figura 4. Raíz de frijol completamente desarrollada .....	24
Figura 5. Tallo de ejote francés.....	25
Figura 6. Planta de ejote francés.....	27
Figura 7. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento .....	28
Figura 8. Componentes de la flor .....	29
Figura 9. Fruto de la planta de frijol.....	29
Figura 10. Ubicación de Acatenango. ....	49
Figura 11. Distribución de tratamientos en cada uno de los bloques .....	58
Figura 12. Rendimiento del ejote francés según tratamientos aplicados. ....	68
Figura 13. Peso seco de raíces (por planta) según tratamientos aplicados. ....	71
Figura 14. Comparación del desarrollo radicular 15 días después de aplicación.....	72
Figura 15. Comparación del desarrollo radicular 30 días después de aplicación.....	72
Figura 16. Número de nódulos según tratamientos aplicados .....	74
Figura 17. Comparación de tratamientos .....	75
Figura 18A. Montaje de experimento .....	85
Figura 19A. Emergencia de plantas .....	85
Figura 20A. Desarrollo de plantas a los 15 días.....	86
Figura 21A. Tratamientos utilizados .....	86
Figura 22A. Hongo puro <i>Trichoderma harzianum</i> .....	87
Figura 23A. Hongo puro <i>Glomus intraradices</i> .....	87
Figura 24A. Después de la aplicación (8 días).....	88
Figura 25A. Toma de datos en campo .....	88
Figura 26A. Secado de muestras .....	89
Figura 27A. Toma de datos peso seco.....	89
Figura 28. Capacitación del personal sobre buenas prácticas agrícolas.....	96
Figura 29. Personal firmando asistencia en capacitaciones.....	96
Figura 30. Listado de asistencia en las capacitaciones.....	97
Figura 31. Calidad de materia prima en cajas.....	100
Figura 32. Producto dañado.....	101
Figura 33. Registro fitosanitario de aplicaciones de fungicidas .....	104
Figura 34. Bodega ordenada.....	105
Figura 35. Equipo de aplicación .....	105
Figura 36. Uniformes del personal para aplicaciones de pesticidas.....	105
Figura 37. Sistemas de riego en finca .....	105

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación botánica del cultivo de ejote francés.....	19
Cuadro 2. Fenología del ejote francés. ....	22
Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza para rendimiento.....	69
Cuadro 4. Resultados pruebas de Duncan para rendimiento.....	69
Cuadro 5. Resultado de análisis de varianza de peso seco radicular. ....	73
Cuadro 6. Resultado de la prueba de Duncan de peso seco radicular. ....	73
Cuadro 7. Resultados análisis de varianza para nodulación.....	76
Cuadro 8. Resultados de la prueba de Duncan para nodulación. ....	76

## Resumen

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía, fue realizado en la empresa “Tierra de Árboles S.A.” durante el periodo de febrero – noviembre 2015, en finca Chaparral Zaragoza del departamento de Chimaltenango, en el cual se realizaron actividades relacionadas con diagnóstico y servicios.

El primer capítulo inicia con actividades del diagnóstico de la finca Chaparral, en el cual se hace un análisis de las condiciones actuales de la finca para reconocimiento de área, posteriormente se buscaron áreas prioritarias utilizando el apoyo de un análisis FODA, para posteriormente plantear actividades que busquen soluciones para algunas limitantes que existen en cuanto a la producción agrícola.

En el diagnóstico se lograron identificar como áreas prioritarias la inocuidad del producto, falta de control en actividades agrícolas, necesidad de capacitaciones, apoyo en certificación Global GAP, implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA), llenado de registros y aplicaciones de pesticidas. Estas actividades se diagnosticaron como limitantes que como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se logran plantear soluciones durante el tiempo comprendido de EPS.

En el segundo capítulo se plantea el tema de investigación, comprendido por el aumento de raíz y el rendimiento en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, con el cual se toman datos para análisis en peso seco en raíz, número de nódulos, rendimiento, como principales factores de investigación. Como tratamientos se proponen una aplicación con *Trichoderma harzianum*, una aplicación con *Glomus intraradices*, una aplicación de mezcla entre *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* y por último un testigo absoluto.

Los resultados obtenidos, muestran un mayor rendimiento en el cultivo de ejote francés, cuando se aplica *Trichoderma harzianum*, con un valor de 470.43 g/planta; con la aplicación de *Glomus intraradices* se obtuvo un rendimiento de 453.71 g/planta; con la mezcla de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, se obtuvo un rendimiento de 368.87 g/planta y al no aplicar ningún tratamiento, se obtuvo el más bajo rendimiento de 214.85 g/planta.



Este último dato, llamado “testigo”, se utilizó como parámetro de comparación para analizar los resultados obtenidos con los tratamientos aplicados.

En el tercer capítulo se muestran los servicios realizados en la empresa “Tierra de Árboles S.A.”, los cuales se proponen a partir del diagnóstico realizado al iniciar actividades dentro de la empresa, los servicios que se proponen son A) Capacitación sobre Buenas Prácticas Agrícolas y Medio ambiente, B) Inspección de control de calidad de materia prima en campo y aplicaciones de pesticidas, C) Apoyo en certificación Global GAP y llenado de registros de actividades agrícolas en campo.

# **CÁPITULO I**

## **DIAGNÓSTICO**

- 1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VEGETALES DE LA FINCA CHAPARRAL, PERTENECIENTE A LA EMPRESA TIERRA DE ÁRBOLES S.A., ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado EPS, se realizó un diagnóstico en la finca Chaparral que pertenece a la empresa Tierra de Árboles S.A., la cual tiene como principal actividad la producción y exportación de vegetales hacia diferentes países. El diagnóstico es importante para identificar las áreas prioritarias dentro del manejo de actividades agrícolas (Romagnoli, 2010). Las certificaciones internacionales tienen importancia para que la empresa pueda seguir produciendo y exportando hortalizas.

Dentro de la finca Chaparral se tienen varias áreas que requieren de atención inmediata para poder realizar de manera eficiente las actividades, la gestión de áreas para la cosecha, el manejo de un control óptimo de calidad, capacitaciones al personal nuevo, llevar un control interno de procesos agrícolas. Los anteriores aspectos tienen gran importancia en certificaciones que exigen tener buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura con lo cual se lograra la renovación de las certificaciones para exportación (Sandoval Muñoz, 2014).

Dentro de los temas prioritarios en la certificación se encuentra la inocuidad de la materia prima en las exportaciones. La calidad de producto exportado es de suma importancia ya de esto depende el precio que el consumidor final paga, con cada negocio que se realiza la trazabilidad de alimentos es un factor importante para que los clientes sigan confiando en la empresa (Woller, 2010).

En la actualidad la obtención de un producto en óptimas condiciones genera beneficios en la salud de los consumidores, cada detalle en la producción agrícola tiene relación con las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, la seguridad alimentaria global se basa en tener alimentos cosechados con estándares de calidad altos, libre de microorganismos patógenos que puedan causar enfermedad a los consumidores (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1997) , por tal razón se lleva a cabo la producción de los diferentes cultivos con la menor cantidad de pesticidas que se pueda utilizar.

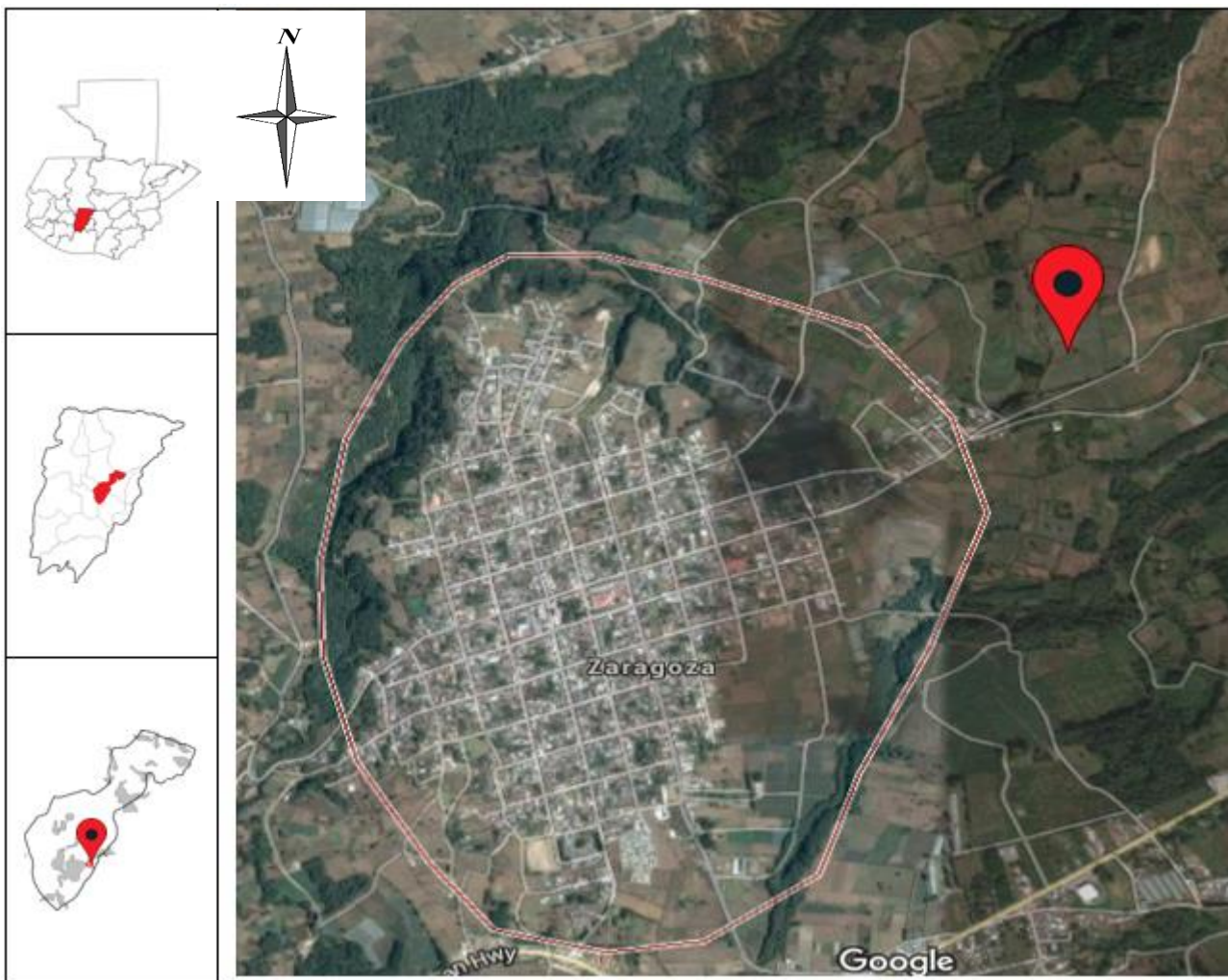
Los productos de la empresa Tierra de Árboles S.A., se exporta principalmente a mercados de Estados Unidos, Holanda y Canadá. Para poder ingresar a los mercados extranjeros, se deben cumplir con las exigencias de los clientes tanto en buenas prácticas agrícolas, como en buenas prácticas de manufactura propuestas por la norma GLOBALG AP y por ende el APPCC es una herramienta que permite controlar la inocuidad en los diferentes procesos (Callebaut & Moeller, 2014).

La empresa actualmente se está enfocando en la buena producción, buscando cada día mejorar con aspectos productivos a nivel de finca y planta. En el caso de finca quieren llevar un mejor orden en cuanto a las actividades agrícolas, con las cuales se busquen mejoras técnicas y una buena atención al personal en campo. Como en cada lugar los problemas son diferentes, importante es identificar los puntos claves para resolver los problemas que afectan el proceso de producción agrícola.

Las capacitaciones al personal de finca, otorgan conocimiento en los aspectos de buenas prácticas agrícolas, los requerimientos por parte de las certificaciones, el minimizar el rechazo del producto por un buen control de calidad son aspectos prioritarios en la finca Chaparral, en los cuales se apoyó durante el proceso del EPS.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

Finca Chaparral se encuentra en Zaragoza, Chimaltenango, ubicada a 1,849 msnm, y sus coordenadas son latitud Norte  $17^{\circ} 39' 00''$  y una longitud Oeste de  $90^{\circ} 53' 26''$  latitud norte  $14^{\circ}46'47''$  y su longitud oeste  $90^{\circ}37'05''$



Fuente: Google maps 2016.

Figura 1. Ubicación de finca Chaparral

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general

Conocer la situación actual de la Finca Chaparral de la empresa “Tierra de Árboles S.A.”.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- A. Determinar las principales causas de factor agronómico que limitan la buena producción en la Finca Chaparral de la empresa “Tierra de Árboles S.A.”.
- B. Identificar algunas actividades que permitan mejoras en el proceso de producción.
- C. Realizar las acciones necesarias para resolver los conflictos agronómicos y realizar recomendaciones al personal de la finca Chaparral para mejorar los aspectos técnicos relacionados con la producción agrícola.

## 1.4 METODOLOGÍA

### 1. Reconocimiento del área de la Finca y charla con el personal

Se realizó un recorrido por la Finca Chaparral dentro de las áreas de cultivo, en el cual se consultó con el encargado y personal de la finca sobre aspectos en el manejo del cultivo, a partir de esta charla se detectaron áreas prioritarias en aspectos técnicos de producción.

### 2. Identificación de áreas prioritarias en Finca Chaparral

Mediante la charla con los trabajadores se identificaron varios problemas tales como: aspectos ornato en la finca, algunas prácticas agrícolas que se hacen por cultura, la importancia que ellos le ven a las capacitaciones, las condiciones de las instalaciones, la falta de control en aplicaciones, dosificaciones de algunos productos, y además un problema que han tenido en nutrición al aplicar productos al suelo directamente.

Además se consultó con los ingenieros a cargo sobre que otros problemas han tenido en años anteriores y darle seguimiento para seguir mejorando.

Buscando punto de investigación se realizó una encuesta, propuesta a partir de una de las problemáticas que mencionó el personal de la finca, con lo cual se cubre aspectos del ejercicio profesional supervisado y en base a los requerimientos de la certificación Global GAP, se determinaron los servicios dentro de la empresa.

Para la realización de la entrevista directa buscando punto de investigación se hicieron las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto tiempo tienen de sembrar el cultivo de ejote francés?

- ¿Durante su experiencia que productos han utilizado aplicados para aumento de raíz?
- ¿Alguna vez ha observado la diferencia entre áreas tratadas con productos para aumento de raíz y las que no se les aplica nada?
- ¿Cómo aplica usted los productos para la raíz?
- ¿Ha utilizado algún producto biológico para aumento de raíz?
- ¿Le han hablado sobre productos biológicos?
- ¿Le gustaría aprender de buena manera sobre productos biológicos?

### 3. Realización de Análisis FODA en finca Chaparral

Se realizó un análisis FODA, para conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la finca Chaparral. Para el análisis correspondiente se utilizó A) Análisis Externo, B) Análisis Interno, C) Elaboración de la matriz FODA, D) Determinación de las estrategias a utilizar (Ramírez Rojas, 2009).

#### A. Análisis Externo

Aquí se evaluaron los aspectos sobre el exterior de la finca, teniendo en claro las oportunidades y amenazas que se puedan encontrar (Orlich, 2005).



## B. Análisis Interno

Aquí se evaluaron los elementos internos que corresponden a las fortalezas y debilidades que se tiene dentro de la disponibilidad de recursos en la finca Chaparral. Teniendo principalmente mano de obra, capital para trabajo, calidad de producto, estructura interna entre otros (Orlich, 2005).

### 4. Selección de los problemas y planteamiento de soluciones

Se determinaron las principales limitantes en la producción agrícola de la finca Chaparral, y posteriormente se plantearon soluciones para cumplimiento de estas limitantes, así mismo se definieron los servicios realizados durante el periodo del ejercicio profesional supervisado (EPS).

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Análisis de información

#### 1. Reconocimiento del área y charla con el personal

La información del diagnóstico se realizó de forma personal, la cual se realizó mediante una charla con el personal de la finca, en la cual se conoció el estado actual de la finca y los servicios que posee.

#### 2. Identificación de las áreas prioritarias

En la identificación de las áreas prioritarias se determinaron que hay varios problemas, los cuales según las normas de la certificación Global GAP se deben de darle solución, entre estos problemas están los siguientes: capacitaciones de uso de agroquímicos al personal, inocuidad en el producto (Control de Calidad) y un control en finca a través de registros.

Además se determinó un punto importante para realizar la investigación, la cual se basa en el crecimiento y aprovechamiento de la raíz con los nutrientes. Razón por la cual se realizó una encuesta para determinar de mejor manera el punto de investigación.

A continuación se presentan los resultados de las entrevistas realizadas al jefe de finca y los trabajadores para determinar un punto de investigación.

- ¿Cuánto tiempo tienen de sembrar el cultivo de ejote francés?  
Aproximadamente 10 años.
- ¿Durante su experiencia que productos han utilizado aplicados para aumento de raíz?  
Raizal, Raizon.
- ¿Alguna vez ha observado la diferencia entre áreas tratadas con productos para aumento de raíz y las que no se les aplica nada?  
Cuando se aplica las plantas crecen mucho más que cuando no.
- ¿Cómo aplica usted los productos para la raíz?  
Tronqueado.
- ¿Ha utilizado algún producto biológico para aumento de raíz?  
No, ninguna vez se ha usado productos biológicos en la finca.
- ¿Le han hablado sobre productos biológicos?  
Han dado capacitaciones pero solo han hablado de un repelente para insectos que es a base de ajo, es lo único que nos han dicho.
- ¿Le gustaría aprender de buena manera sobre productos biológicos?  
Sería bueno porque mucho químico hace mal.

### 3. Realización del análisis FODA

La realización del análisis se concentra en los siguientes parámetros:

Análisis Externo: Oportunidades y amenazas, las cuales se encuentran en el exterior de la empresa, como oportunidades encontramos alta demanda del mercado de vegetales como principal oportunidad, buen abastecimiento de insumos. En las amenazas podemos encontrar la presencia de intermediarios (llamados coyotes) de producto entre agricultores y otras exportadoras. Estos intermediarios realizan compra-venta ilegal, lo cual ocasiona alteraciones en la inocuidad del producto final, estos productos tienen presencia de plagas y enfermedades en su mayoría. Otra de las amenazas son las heladas que algunas veces se registran en el área, lo cual ocasiona pérdidas.

Análisis Interno: Fortalezas y debilidades, las cuales se encuentran en el interior de la empresa, entre las fortalezas encontramos buen capital de trabajo, suficiente mano de obra, gran extensión de cultivo. En las debilidades podemos encontrar falta de control interno en finca, desconocimiento de aspectos técnicos para la producción, poco control de calidad, y poca agua para riego.

A continuación se muestra la lista plana de la matriz FODA:

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen capital de trabajo, el cual es importante para tener los insumos requeridos en la producción</li> <li>- Suficiente mano de obra, en la zona hay bastante personal con necesidad de trabajo y en temporada alta de finca se requiere del mayor número de personas trabajando en la finca Chaparral</li> <li>- Gran extensión de cultivo, la finca cuenta con 110 cuerdas de 34 x 34 lo cual por la zona de trabajo es bastante grande para producción de hortalizas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poco control de calidad, este aspecto es bien importante dentro de la inocuidad del producto, por este motivo las pérdidas y rechazo de producto pueden ser grandes, lo cual disminuye la capacidad de exportación a la empresa.</li> <li>- Desconocimiento en BPA, la falta de conocimiento sobre las buenas prácticas agrícolas, ocasiona que en la finca varios aspectos no se realicen de la mejor manera posible y que para la certificación Global GAP se pierda y no se pueda seguir exportando vegetales.</li> <li>- Falta de registros de actividades, la falta de control de las actividades agrícolas produce mucha confusión en cuanto a fechas de aplicación, dosificaciones, desconocimiento en cuando a los productos utilizados, lo cual tiene mucho riesgo para la producción agrícola.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca disponibilidad de agua para riego, este tema es muy importante para producir debido a este tema las siembras se realizan en su mayoría en época lluviosa y época seca solamente la extensión que se pueda regar con el agua disponible en el lugar.</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta demanda de vegetales, esta oportunidad es una fuente muy importante para la producción, debido a esta ventaja competitiva la finca puede seguir su proceso durante todo el año, lo cual representa empleo para el personal de trabajo presente.</li> <li>- Alto grado de abastecimiento de los insumos necesarios, lo cual es importante debido a que un monocultivo es bien exigente en cuanto a sus aplicaciones, durante su fenología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los intermediarios “coyotes”, es un tema principal en las amenazas debido a la compra ilegal de vegetales y con lo cual afecta el proceso de inocuidad del producto.</li> <li>- Fuerte presencia de plagas y enfermedades, es un tema que requiere de control, para que las pérdidas disminuyan.</li> <li>- El clima, las heladas en la zona tiene mucha influencia en pérdidas que no se pueden controlar hasta el momento, debido a que cuando estas ocurren se tiene bastante daño a los cultivos lo cual genera bastante rechazo de producto.</li> </ul>

#### 4. Selección de problemáticas y planteamiento de soluciones

Luego de tener identificados las limitantes, tales como inocuidad del producto, falta de información de buenas prácticas agrícolas, desconocimiento de todas las actividades agrícolas, falta de control de calidad, problemática con absorción de nutrientes en el suelo, se plantean las siguientes soluciones que cumplen con los servicios e investigación agrícola, los cuales se plantean resolver durante el ejercicio profesional supervisado en el periodo de enero – noviembre 2,015.

- Capacitación sobre Buenas Prácticas Agrícolas y Medio ambiente
  
- Control de calidad en campo y aplicación de pesticidas
  
- Asistencia a certificaciones Global GAP y llenado de registros de actividades agrícolas
  
- Tema de investigación “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* EN EL CRECIMIENTO RADICULAR Y RENDIMIENTO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.”

## 1.6 CONCLUSIONES

- El diálogo y las entrevistas con una guía de preguntas es una forma rápida de obtener información necesaria para la situación actual de algún lugar, con lo cual se determinaron servicios necesarios para solucionar parte de la problemática en finca.
- Según los reglamentos propuestos por la certificación Global GAP y las necesidades del personal en finca se propusieron los servicios siguientes: “Capacitaciones sobre Buenas Prácticas Agrícolas”, “Control de calidad de materia prima y aplicaciones de pesticidas”, “Apoyo en certificación Global GAP y llenado de registros agrícolas en campo”, con los cuales se busca el apoyo y mejora directa para la finca en sus actividades productivas.
- Los trabajadores de la finca tienen presente que es necesario el control de las actividades agrícolas, para llevar un orden dentro de las áreas de cultivo. Además tienen presente la importancia de las capacitaciones en campo para mejorar en aspectos técnicos del cultivo.

## 1.7 RECOMENDACIONES

- Realizar charlas en cada ciclo de cultivo, para conocer la situación de la finca, los diferentes problemas y posteriormente buscar soluciones para mejorar el aspecto de producción.
- Capacitar a los jefes de finca para que él pueda replicar los conocimientos técnicos aprendidos en cada ciclo de producción con el personal nuevo en finca.



## 1.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Callebaut, G., & Moeller, K. (Julio de 2014). *Certificación global G.A.P.* Obtenido de Global GAP A.P. c/o FoodPLUS: [http://www.globalgap.org/export/sites/default/.content/.galleries/documents/141001\\_products\\_and\\_services\\_web\\_es.pdf](http://www.globalgap.org/export/sites/default/.content/.galleries/documents/141001_products_and_services_web_es.pdf)
2. FAO. (1997). *Gestión de riesgos e inocuidad de los alimentos: informe de la consulta mixta FAO/OMS, Roma, Italia,.* Obtenido de Google Book: <https://books.google.com.gt/books?id=mpJdmAAOuPkC>
3. Orlich, J. (16 de Diciembre de 2005). *El análisis FODA.* Obtenido de Universidad para la Cooperación Internacional: [http://www.uci.ac.cr/descargas/AE/FODA\(SWOT\).pdf](http://www.uci.ac.cr/descargas/AE/FODA(SWOT).pdf)
4. Ramírez Rojas, J. L. (Febrero de 2009). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas.* Obtenido de Universidad Veracruzana: <http://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>
5. Romagnoli, S. (9 de Marzo de 2010). *Herramientas de gestión empresarial: diagnóstico empresarial.* Obtenido de Fruticultura y Diversificación: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210502.pdf>
6. Sandoval Muñoz, V. (12 de Marzo de 2014). *BPM y HACCP.* Obtenido de Iberoamericana de Calidad y Servicios: <http://export.promperu.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=CDB5C4B7-4B24-46E2-B1A8-D694A7FF487E.PDF>
7. Woller, T. (Mayo de 2010). *Guía para la exportación de productos agrícolas y alimentos a la Union Europea.* Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/Gu%C3%ADa%20para%20a%20exportaci%C3%B3n%20de%20productos%20agr%C3%ADcolas%20y%20alimentos%20a%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea.pdf>

## CAPITULO II

# INVESTIGACIÓN

- 2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Trichoderma harzianum*  
y *Glomus intraradices* EN EL CRECIMIENTO  
RADICULAR Y RENDIMIENTO DE EJOTE FRANCÉS  
(*Phaseolus vulgaris* L.) EN ACATENANGO,  
CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

## 2.1 INTRODUCCIÓN

En Guatemala se produce ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L) y se exporta hacia Europa, Estados Unidos y a los países de Centro América. La producción en los últimos cinco años, ha sido de 8,000 kg/ha y se proyecta un incremento de 1.5% de crecimiento (Cordero, 2013).

El buen manejo del cultivo de ejote francés, ha coadyuvado en el aumento de la producción y ha permitido incrementar la exportación. Tal y como ocurre con otros cultivos de exportación, los importadores de ejote francés exigen el envío de productos vegetales, que sean obtenidos aplicando la menor cantidad de pesticidas. Algunos agricultores guatemaltecos, que cultivan ejote francés, tienen dificultades para cumplir con este requerimiento, dado que baja la rentabilidad del cultivo (al no utilizar biocidas, baja la producción); mientras otros agricultores desconocen el uso de microorganismos, como control biológico y como agentes que aumentan el desarrollo radicular de la planta y que aumentan la producción.

El aumento en el tamaño radicular otorga a la planta mayor capacidad de exploración de nutrientes; este aspecto es importante en la nutrición vegetal, que incide en las reacciones metabólicas por medio de los cuales la producción se ve fuertemente influenciada; observándose variaciones en textura, tamaño, rendimiento, entre otras. Además, un buen desarrollo radicular, proporciona buen anclaje al suelo, como soporte para el aumento de peso esperado en la formación, llenado y maduración de vainas. Lincon (2006), indica que el crecimiento radicular tiene un aumento en la productividad en los cultivos.

En los últimos años, las investigaciones realizadas en el cultivo de ejote francés, han privilegiado el estudio de la parte aérea de la planta. La nutrición vegetal, enfermedades y el control de plagas, se realizan, en su mayoría, con aplicaciones foliares. Se ha desatendido, de alguna manera, el sistema radicular de la planta y su interacción con el suelo.

En esta investigación se evaluó el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, en el incremento en peso radicular y el rendimiento de la producción de ejote francés variedad Serengetti, con la finalidad de mejorar su rentabilidad.

Los resultados obtenidos, muestran un mayor rendimiento en el cultivo de ejote francés, cuando se aplica *Trichoderma harzianum*, con un valor de 470.43 g/planta; con la aplicación de *Glomus intraradices* se obtuvo un rendimiento de 453.71 g/planta; con la mezcla de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, se obtuvo un rendimiento de 368.87 g/planta y al no aplicar ningún tratamiento, se obtuvo el más bajo rendimiento de 214.85 g/planta. Este último dato, llamado “testigo”, se utilizó como parámetro de comparación para analizar los resultados obtenidos con los tratamientos aplicados.

Los rendimientos indicados, están relacionados con las variaciones obtenidas en la nodulación de la planta, producidas por los tratamientos evaluados. Se observa, durante el desarrollo fenológico del cultivo, que existe un incremento generalizado de nodulación, 30 días después de la aplicación de los tratamientos.

Específicamente, en la nodulación producida por *Rhizobium*, se contabilizaron en promedio 407 nódulos por planta, con la aplicación de *Glomus intraradices*; 208 nódulos por planta, con la aplicación de la mezcla de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*; 195 nódulos por planta, al no aplicar ningún tratamiento (testigo); y 21 nódulos por planta, con la aplicación de *Trichoderma harzianum*. Este resultado, muestra el efecto de simbiosis y antagonismo con la interacción entre microorganismos, tanto en la formación de nódulos, como en el rendimiento obtenido en el cultivo de ejote francés.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Marco conceptual

### 2.2.2 Origen y clasificación botánica del ejote francés

La especie *Phaseolus vulgaris* L. es una de las más antiguas; según los hallazgos arqueológicos indican que era conocida por lo menos unos 5,000 años antes de la Era Cristiana. Según investigaciones realizadas por varios investigadores clasifican que en México ha sido aceptado como lugar más probable de donde fue el centro de origen, o al menos como el centro de diversificación primaria. Las plantas leguminosas se encuentran ampliamente distribuidas en los diferentes continentes (Debouck e Hidalgo, 1985). El ejote francés ya se determinó como hortaliza en Estados Unidos en 1980 a partir de German WaxBee que en sus inicios dieron inicio con la variedad comercial Blue Lake (Vallejo, Cabrera & Estrada, Salazar, 2004) en el cuadro 1 se muestra la clasificación botánica del ejote francés.

Cuadro 1. Clasificación botánica del cultivo de ejote francés

Reino:	Plantae
Sub-reino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub-Clase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Sub-Familia	Faboideae
Tribu:	Phaseoleae
Sub-Tribu:	Phaseolinae
Género:	Phaseolus
Especie:	<i>P. vulgaris</i> L.

Fuente: (Vallejo, Cabrera & Estrada, Salazar, 2004).

### 2.2.3 Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de ejote francés

#### A. Clima

El ejote francés se clasifica como un cultivo de clima cálido, templado y frío, y a su vez se clasifica para estar adaptado a las alturas que son comprendidas entre los 700 y 2,500 metros sobre el nivel del mar, el cultivo se desarrolla con temperatura ambiental entre los 10 y 28°C, las altas temperaturas en el ejote produce caída de flores y acelera la maduración produciendo vainas de tamaño pequeño que a su vez son de mala calidad. La precipitación pluvial debe estar entre los 1,000 – 1,500 mm por año (Gudiel, 2015).

#### B. Suelo

El cultivo de ejote francés es muy bien desarrollado en diferentes condiciones de suelo, exceptuando los muy compactos (arcillosos), se desarrolla mejor en los francos, francos arcillosos, profundos, con buen contenido de materia orgánica, bien drenados y un pH entre 5.5 y 7.0 (Gudiel, 2015).

### 2.2.4 Fenología del ejote francés

#### A. Fase vegetativa

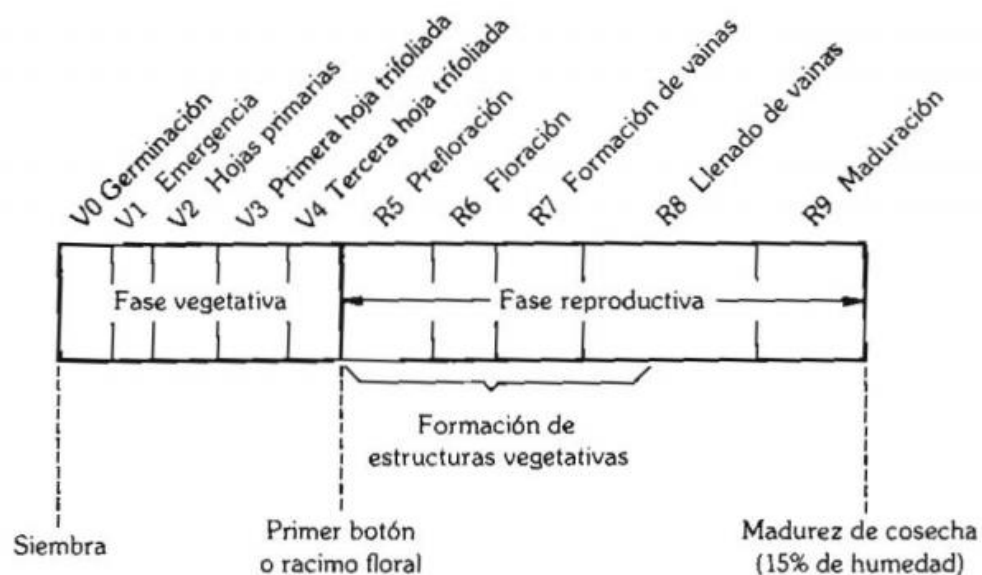
La etapa vegetativa tiene inicio cuando la semilla recibe las condiciones ideales para lograr germinar, la etapa vegetativa tiene inicio cuando la semilla recibe las condiciones ideales para lograr germinar, la cual se da por culminada cuando los botones florales aparecen en la planta; en esta fase se forma la estructura vegetativa ideal para que la planta tenga

condiciones favorables para dar inicio a la fase siguiente la cual es conocida como fase reproductiva (Villela Ramírez, 1992).

## B. Fase reproductiva

La fase reproductiva en el cultivo de ejote francés tiene su inicio cuando los botones florales se hacen presentes en la planta y luego el fruto llega a su madurez necesaria para culminar con la cosecha; esta es una fase directamente productiva en el cultivo, durante el tiempo de la etapa reproductiva las variedades indeterminadas se continúan desarrollando aunque con menor intensidad mientras pasa el tiempo las estructuras vegetativas son de menor tamaño y calidad (Villela Ramírez, 1992).

En la figura 2 se muestra la fenología del ejote y en el cuadro 2 se describen las fases fenológicas.



Fuente:(Villela Ramírez, 1992).

**Figura 2. Escala de desarrollo en una planta de ejote francés.**

Cuadro 2. Fenología del ejote francés.

Fase	Código	Nombre	Evento de cada etapa
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación.
	V1	Emergencia	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen al nivel del suelo.
	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas están desplegadas.
	V3	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.
	V4	Tercera Hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.
Reproductiva	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50% de las plantas.
	R6	Floración	Se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas.
	R7	Formación de Vainas	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina.
	R8	Llenado de Vainas	Las vainas empiezan a llenarse hasta obtener un tamaño de cosecha.

Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

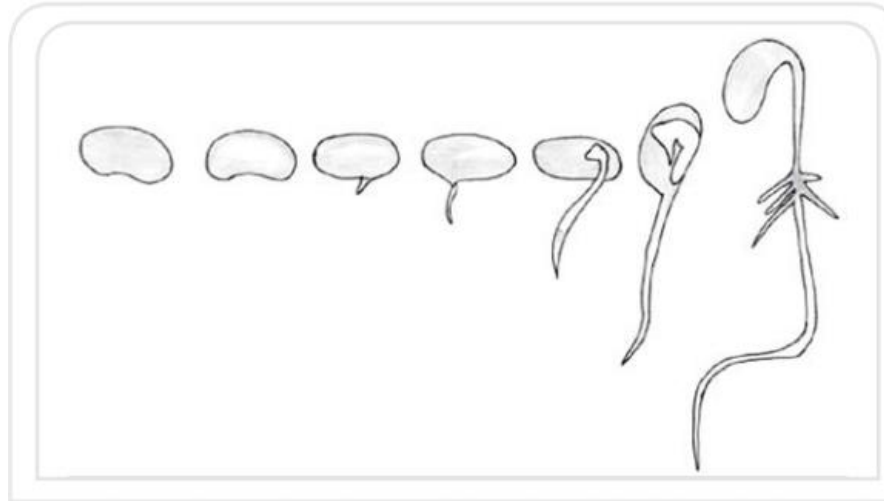
### 2.2.5 Morfología del ejote francés

#### A. La raíz

El sistema radicular en el cultivo es la primer etapa en el desarrollo, morfológicamente la raíz está siendo formada por diferentes partes como lo son la radícula del embrión que es lo que da inicio a la raíz principal en la planta. En los primeros días cuando la planta emerge



de la radícula, comienzan a formarse las raíces secundarias, estas vienen siendo desarrolladas especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal como se muestra en la figura 3.



Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 3. Sistema radical inicial**

Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud. En general, el sistema radicular es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo (Villela Ramírez, 1992).

La raíz primaria es generalmente bastante distinguida, el sistema radicular en la planta tiende a ser de manera fasciculado en la mayoría de casos, aunque también se encuentran fibrosos, pero tienen una amplia variación dentro de las mismas variedades.

Como miembro de la subfamilia papilionoideae, *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Los

nódulos que se forman en las plantas son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, estos organismos en la planta tienen una función importante para la planta la cual es fijación de nitrógeno atmosférico el cual contribuye en gran manera para satisfacer las necesidades del requerimiento de este elemento en la planta.

El tamaño y la composición del sistema radicular en la planta de ejote dependerá de diferentes características en el suelo como lo son estructura, porosidad, aireación, retención de humedad, temperatura y el contenido nutricional que se encuentre presente (CIAT, 1984). En la figura 4, se muestra una raíz completamente desarrollada.

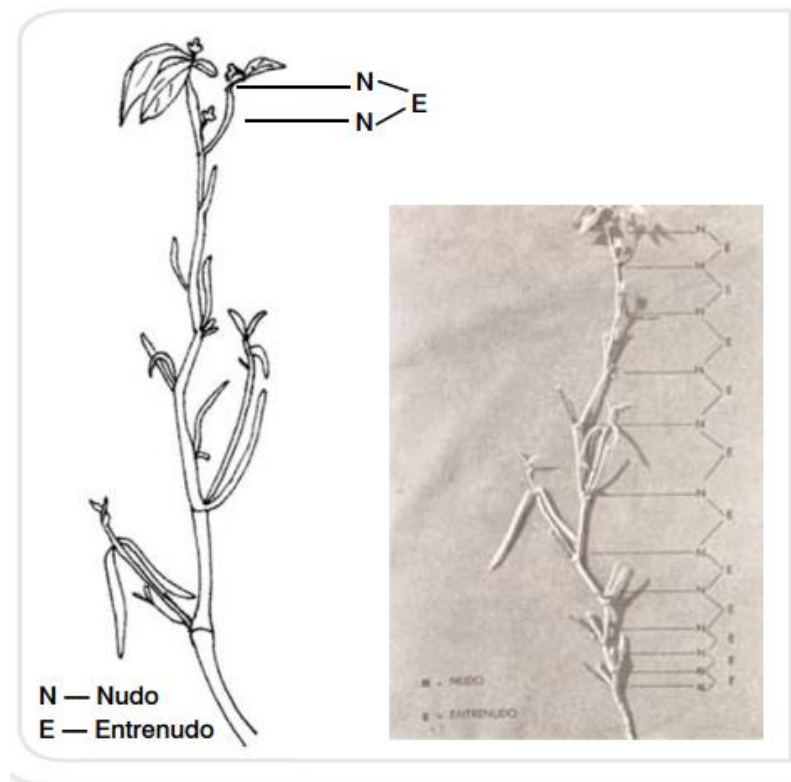


Fuente: (Villega Ramírez, 1992).

**Figura 4. Raíz de frijol completamente desarrollada**

## B. El tallo

El tallo en la planta es identificado por ser el eje central, siendo este formado por las diferentes sucesiones de nudos y entrenudos. Tiene origen a partir del meristemo apical a partir del embrión de la semilla. Seguido de la germinación y durante las primeras etapas de desarrollo en la planta, el meristemo tiene fuertemente dominancia apical y en el proceso de crecimiento desarrolla nudos. Los nudos son puntos de inserción entre las hojas o los cotiledones en el tallo. El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis (Villela Ramírez, 1992). En la figura 5, se muestra el tallo del ejote francés.



Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 5. Tallo de ejote francés.**

El tallo tiene un proceso dinámico, con construcción activa, desde las primeras etapas en el crecimiento, de las células que están situadas en la parte final del mismo, llamadas

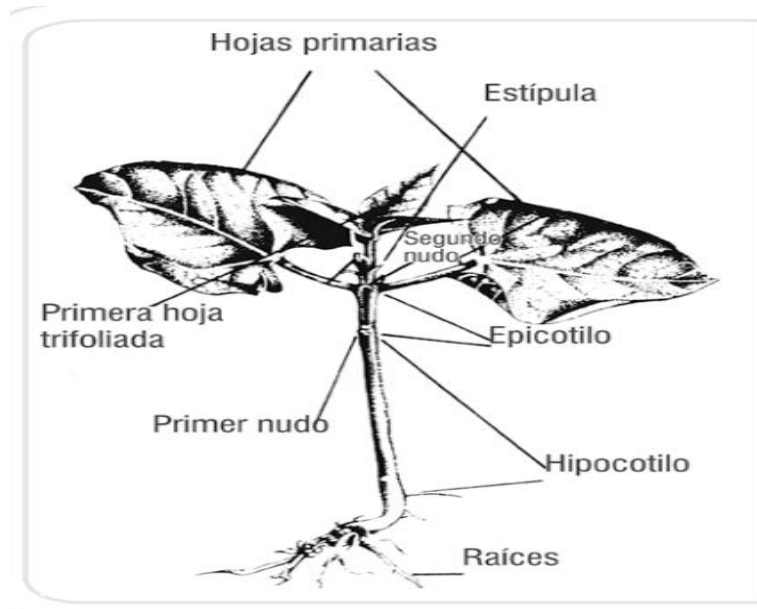
meristemo terminal. En el proceso de construcción, incluye la formación de diferentes órganos, tales como los nudos y entrenudos.

El tallo, regularmente, tiene un diámetro mayor que las ramas, y se puede encontrar erecto, semi postrado y postrado; esto va depender de cada variedad, según el hábito de crecimiento que puedan tener. Se pueden encontrar diferentes variaciones en la pigmentación sobre el tallo, con derivaciones de colores: verde, morado y rosado. El tallo empieza en la inserción de las raíces.

En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo se llama hipocotilo. El siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas. Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias se encuentra un entrenudo real llamado epicotilo. En el tallo se encuentran presentes, a nivel de cada nudo, otros órganos como las hojas, las ramas, los racimos y las flores (Villela Ramírez, 1992).

El tallo, en su desarrollo, tiene características en la parte terminal, que dependen del hábito de crecimiento de cada variedad. Variedades con hábito de crecimiento determinado, terminan en una inflorescencia, en la que normalmente, cesa el crecimiento. Variedades con crecimiento de hábito indeterminado, presentan en la parte terminal del tallo, meristemos vegetativos, que le permiten continuar con el crecimiento y formación de tejido.

Cuando la planta es de hábito de crecimiento determinado, el tallo posee un bajo número de nudos; mientras que, en las plantas de crecimiento indeterminado, el número de nudos tiende a ser mayor. Bajo condiciones similares de ambiente, el número de nudos del tallo de un material genéticamente puro se puede considerar como un carácter de poca variación (CIAT, 1984). En la figura 6, se muestra la planta de ejote francés.



Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 6. Planta de ejote francés.**

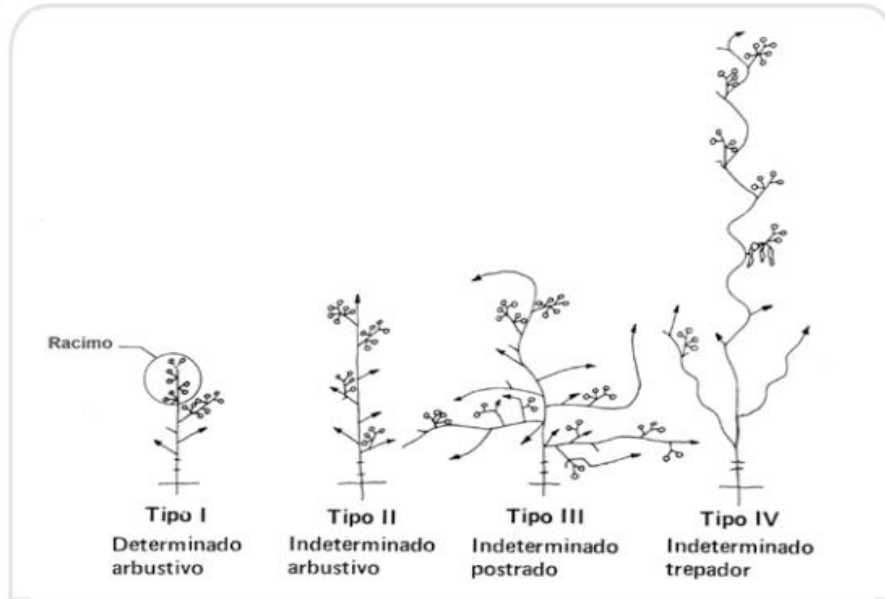
### 2.2.6 Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento se determina según sea la interacción de la planta y las características que van a determinar una morfología finalmente. Algunos caracteres en el hábito son fuertemente influenciados por el ambiente. Los principales caracteres que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

- El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- El número de nudos.
- La longitud de los entrenudos y, en consecuencia, la altura de la planta.
- La aptitud para trepar.
- El grado y tipo de ramificación (Villela Ramírez, 1992).

En el tallo tiene una guía la cual se define como una parte sobresaliente en el tallo o de las ramas por encima del follaje del cultivo. Según estudios hechos por el CIAT (1984), se

considera que los hábitos de crecimiento pueden ser agrupados en cuatro tipos principales los cuales se muestran en la figura 7.

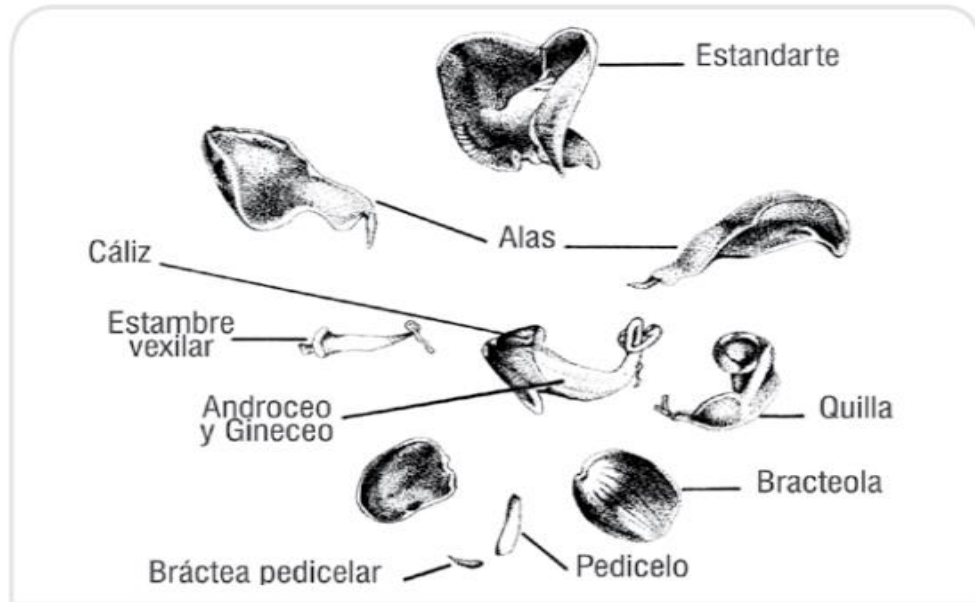


Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 7. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento**

### 2.2.7 Flor de ejote francés

La flor del ejote francés se divide en dos estados, el botón floral y la flor cuando está completamente abierta. El botón floral se origina entre las inserciones de un racimo o bien en el desarrollo completamente floral de las diferentes yemas, en las axilas. En sus estados iniciales, está envuelto por las bractéolas, que tienen forma ovalada o redonda. En su etapa final, la corola, que aún está cerrada, sobresale y las bracteolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de anthesis, la flor se abre. Las partes de la flor se muestran en la figura 8.

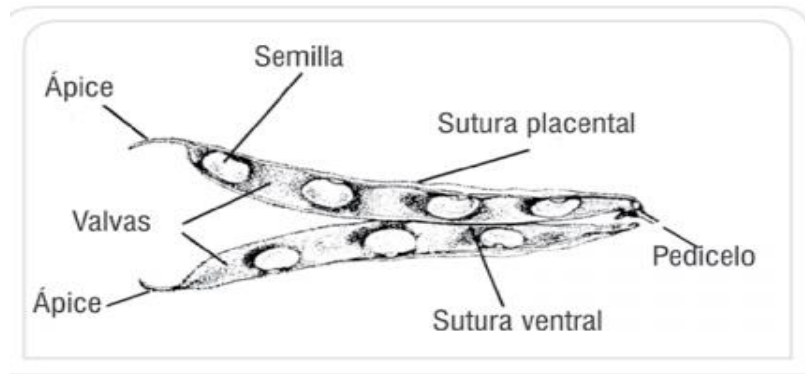


Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 8. Componentes de la flor**

### 2.2.8 Fruto de ejote francés

El fruto del ejote francés se clasifica como una vaina con dos valvas, la cuales envuelven las semillas de frijol. Debido a que el fruto del ejote es una vaina se tiene clasificación entre las plantas leguminosas. Las vainas se pueden encontrar en diferentes colores, uniformes o con rayas según la variedad de ejote que se utilice. Dos suturas son las que unen a las valvas: la sutura dorsal, llamada también placentar y la sutura ventral. Los óvulos, son las que posteriormente se determinan como semillas, alternan la sutura placentar. En la figura 9, se muestra el fruto del ejote y sus partes.



Fuente: (Villela Ramírez, 1992).

**Figura 9. Fruto de la planta de frijol**

### 2.2.9 Época de siembra

Las diferentes variedades de ejote pueden producirse durante todo el año, aun en la época seca teniendo en cuenta el riego necesario para que el cultivo se desarrolle de una manera óptima. Las precipitaciones altas en las épocas del año tienen a aumentar la incidencia de enfermedades siendo un problema que afecta el rendimiento del cultivo (Villela Ramírez, 1992).

### 2.2.10 Preparación del terreno

La preparación del terreno es un tema importante en el desarrollo del cultivo lo cual debe realizarse con una anticipación de 15 días antes de realizarse la siembra lo cual se recomienda realizar un arado a una profundidad de 30 – 40 cm con dos o tres pasos de rastra. Se aconseja que antes del último paso de rastra se realice una incorporación de aproximadamente 35 a 55 quintales de materia orgánica.

Cuando se tengan áreas pequeñas y montañosas la preparación del terreno debe realizarse de forma manual con azadones y si se tiene acceso cultivadoras rotativas (Villela Ramírez, 1992).

### 2.2.11 Siembra

Para la realización de la siembra, se hace directamente en el suelo con sembradora de precisión o con la ayuda de personal capacitado usando estacas, se utiliza aproximadamente 100 libras de semilla por hectárea colocando una semilla a cada 8-10 cm de distancia entre planta y a profundidad de 2-4 cm. Se recomienda realizar tratamientos de semilla con ingredientes activos como Captan, Carbendazim, Propamocarb antes de



realizar la siembra, esto para protección de la planta contra enfermedades de suelo (Villela Ramírez, 1992).

#### 2.2.12 Fertilización

En el tema de fertilización se recomienda hacer un análisis de suelo para determinar una fertilización ideal y no gastar dinero extra, en Guatemala culturalmente las personas realizan aplicaciones de 3 fertilizaciones, la primera consiste con aplicación de 18-46-0, la segunda aplicación de urea perlada y la tercer aplicación con triple 20 estas aplicaciones las realizan al suelo. Además se realiza aplicaciones foliares según criterios de cada agricultor. Según los requerimientos del cultivo aplicar la fórmula más conveniente.

- Un plan de fertilización recomendable es el siguiente:

Ocho días antes de la siembra o al momento de la misma aplicar seis quintales por hectárea (4 por manzana) de fertilizante 15-15-15 distribuyéndolo a 8-10 cm por debajo de la semilla o en banda lateral a 6 cm de la misma.

A los 30 días después de la siembra aplicar una mezcla de cuatro quintales de nitrato de calcio más 2 quintales de muriato de potasio por hectárea (2.75 + 1.40 quintales por manzana) distribuido en banda lateral o a lo largo de los surcos.

Efectuar de 3-4 aplicaciones de fertilizante foliar completo con elementos menores, por ejemplo: La primera aplicación a los 20 días después de la siembra y las siguientes a intervalos de 15 días (Villela Ramírez, 1992).

#### 2.2.13 Plagas que afectan al cultivo

En el cultivo se tienen diversos daños por insectos lo cual disminuye la calidad del ejote francés y debido al daño realizado se da punto de inicio a infecciones por hongos, lo cual

disminuye rendimientos. Las plagas se clasifican generalmente como: plagas del suelo y plagas del follaje.

#### A. Plagas del suelo y su control

Las plagas de suelo son las que encontramos durante las primeras semanas de cultivo, para controlar hay diversas maneras como cultural, química, físico-mecánico, biológico, las plagas más importantes del cultivo son gallina ciega, gusano nochero, gusano de alambre, nematodos y tortuguillas (Villela Ramírez, 1992). Los controles aplicados: químico, cultural y físico-mecánico.

##### a) Control químico

El control químico se lleva a cabo con productos a base de Imidacproprid, Lambda cyhalotrina, dosis de 25 cc/bomba de mochila, esta aplicación se realiza en drench.

##### b) Control cultural

La preparación del suelo es importante en el manejo cultural por lo que se debe realizar buen manejo de arado, para eliminar gallinas ciegas directamente y que también son expuestas a enemigos naturales como son los pájaros.

La destrucción de las plantas preferidas por los insectos adultos podría reducir la abundancia local de la familia Scarabaeidae (Villela Ramírez, 1992).

### c) Control físico-mecánico

Para el control físico-mecánico se puede hacer una colocación de trampas de luz blanca o negra lo cual resulta efectivo para recolección de insectos adultos por la noche durante están en época de vuelo.

## B. Plagas del follaje y su control

Las plagas del follaje en el ejote francés, pueden afectar principalmente de tres maneras: a) Las larvas habitan en el suelo y se alimentan de raíces, los hipocotilos y los nódulos. b) Los adultos se alimentan del follaje dejando huecos grandes en las hojas y reduciendo la capacidad de fotosíntesis. También afectan las vainas y flores. c) Los adultos son vectores mecánicos de enfermedades virales.

Las principales plagas de follaje: Pulgón (*Aphis sp*), Mosca blanca (*Aleurodes sp*), Trips (*Thrips sp*), Acaros (*Tetranychus sp*), (Villela Ramírez, 1992).

El control químico de estas plagas, se lleva a cabo con productos con ingredientes activos como Lambda cyalotrhin, Spinoaceae, Imidacloprid (Villela Ramírez, 1992).

## C. Plagas del follaje (Masticadoras) y su control

Las plagas de follaje aparecen aproximadamente en la quinta semana después de siembra y es cuando inicia el ataque y en este punto aproximado 35 días en los cuales se debe anticipar con monitoreo para tener un control adecuado, las principales plagas se pueden mencionar algunas como el Gusano de la hoja (*Aphis sp*), Gusano peludo (*Estigmene sp*), Tortuguillas (*Diabrotica sp*) (Villela Ramírez, 1992).

#### a) Control químico

El control químico se puede realizar con productos con ingredientes activos como Diazinon, Clorpirifos, Lambda cyalotrhin, (Villela Ramírez, 1992).

#### b) Control cultural

La preparación adecuada de suelo, mata la mayoría de las larvas, pupas y huevos presentes, además de amenazas naturales como las aves alrededor del lugar, las cuales se alimentan de larvas en la superficie del suelo (Villela Ramírez, 1992).

### 2.2.14 Enfermedades que afectan al cultivo de ejote

Las enfermedades que afectan al cultivo de ejote francés causan deterioro en la calidad del producto y disminuyen fuertemente el rendimiento. Las enfermedades que mayormente dañan al cultivo de ejote francés se pueden mencionar antracnosis, roya y mancha angular.

#### A. Antracnosis

La antracnosis es una de las fuertes enfermedades que afectan al cultivo de ejote francés en lo que se pueden mencionar los síntomas y daño: Los síntomas se pueden encontrar en el envés de las hojas como lesiones de un color que varía desde rojo hasta negro, localizadas a lo largo de las nervaduras de las hojas.

Las lesiones en las hojas pueden transformarse en chancros. En la planta se pueden ver afectados los cotiledones, tallos, ramas, peciolo y vainas. El rendimiento puede verse drásticamente reducido, en especial si la infección en las vainas es muy severa. El daño en las vainas se manifiesta de un color que varía de rosado a negro generalmente.

En la semilla también se pueden ver síntomas de la infección. Las temperaturas entre 14 a 24 grados centígrados con una óptima de 17 grados y con una humedad relativa mayor de

80 % favorecen el desarrollo de esta enfermedad. Temperaturas mayores de 30 grados limitan el daño de este patógeno. Las conidias pueden ser diseminadas por insectos, animales, lluvias o el hombre. La semilla es un medio eficiente para la transmisión de la enfermedad (Villela Ramírez, 1992).

#### 2.2.15 Control cultural

El control cultural en el cultivo de ejote se realiza utilizando semillas certificadas, rotación de cultivos y el uso de variedades o híbridos resistentes.

#### 2.2.16 Control químico

El control químico se realiza con productos de ingredientes activos como, Chlorothalonil, Cobre metálico, Azoxystrobin o Captan (Villela Ramírez, 1992).

#### 2.2.17 Control de malezas

En el cultivo de ejote francés el control de malezas se puede realizar de forma manual o química.

- Manual: Efectuar dos limpiezas con azadón o azadines la primera a los 20-25 días de la siembra y la segunda a los 45-50 días.

- Química: En forma pre-emergente aplicar Afalon, en dosis de 25 g por bomba de mochila de 16 litros y aplicarlo al suelo directamente (Villela Ramírez, 1992).

### 2.2.18 Cosecha

La cosecha se inicia entre los 45-50 días después de la siembra cuando las vainas tengan entre 10 y 12 cm de largo, que sean completamente rectas y sin manchas. De acuerdo con la variedad puede obtenerse una producción de 25,000 a 28,000 libras por hectárea (17,500 – 19,500 libras por manzana).

### 2.2.19 *Trichoderma harzianum*

*Trichoderma harzianum* es un hongo que se distribuye ampliamente en los suelos, en bastantes plantas, diferentes tipos de vegetación y madera, *Trichoderma harzianum* es un hongo anaerobio facultativo. El hongo se desarrolla rápidamente al verse favorecido cuando encuentra una buena densidad radicular, las cuales coloniza rápidamente este microorganismo (Castillo Samudio, 2007).

El género *Trichoderma* se conoce en la agricultura desde hace más de 200 años y está comprendido en los hongos anamórficos aislados principalmente del suelo y de la materia orgánica en descomposición (Grondona, y otros, 1997). Este género pertenece a los Deuteromicetes, también llamados hongos imperfectos, se caracterizan por presentar conidióforos hialinos, muchas veces blanquecinos, no verticilados, fiálides simples o en grupos, conidias hialinas, unicelulares ovoides que yacen en pequeños racimos terminales, se les reconoce fácilmente por su rápido crecimiento y el color verde de las conidias.

En su estado vegetativo se presentan un micelio o septos simples, son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos. Son anaerobios facultativos y se reproducen asexualmente por conidios. Las hifas que llevan las esporas o conidióforos son ramificadas (Danay, Martínez, González, & Reyes, 2009).

Este género es micro parasítico en su gran mayoría, actualmente son bastante utilizados como antagonistas en control de enfermedades producidas por hongos, debido a la facilidad de encontrarse en diferentes ambientes, su facilidad de aislamiento y cultivo, también el

rápido crecimiento en diferentes sustratos, *Trichoderma harzianum* es micro parasítico de una gran variedad de hongos fitopatógenos responsables de enfermedades en los cultivos, y no realiza daño en las plantas superiores (Mohammed, Pérez Sánchez, Ahmed, Requena, & Candela, 2004).

Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos, los cuales producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se les atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma, y lisis celular, encontrados en los organismos con los que interactúa (Mohammed, Pérez Sánchez, Ahmed, Requena, & Candela, 2004).

*Trichoderma harzianum*, en la agricultura es considerado un método de control eficiente para hongos en diferentes cultivos. Pero muchas veces la efectividad de los microorganismos en el suelo se ve limitada por la acción fungistasis del suelo, lo cual significa que no hay germinación de las esporas del hongo, la competencia por otros microorganismos del suelo, una pobre cantidad radicular de la planta, o condiciones ambientales desfavorables (Bae & Knudsen, 2000).

#### 2.2.20 Morfología de *Trichoderma harzianum*

- Características macroscópicas

Las colonias de *Trichoderma harzianum*, se pueden reconocer rápidamente de manera fácil debido a que tienen un rápido crecimiento, además las coloraciones que lleva el hongo inician con el micelio de color blanco, para finalmente tomar un color verde; lo cual constituye morfológicamente al microorganismo (Harman, Howell, Viterbo, Chet, & Lorito, 2004).

Los conidióforos son principalmente erectos, hialinos, su gran mayoría ramificados, no verticilados, los cuales pueden encontrarse solitarios o en grupos. Las fiálides son en forma de botella, única o en grupos, hinchadas en las regiones centrales pero delgadas hacia el

ápice; son hialinas y en ángulo recto con respecto a los conidióforos. Las conidias son unicelulares subglobosas u oblongas, lisas o equinuladas, hialinas o verdes y ocurren en masas en los ápices en las fiálides (Danay, Martínez, González, & Reyes, 2009).

#### 2.2.21 Ecología de *Trichoderma harzianum*

Entre los hongos que son micro parásitos más comunes se destaca *Trichoderma sp.*, principalmente *Trichoderma harzianum*, que ha demostrado parasitismo sobre diversas enfermedades que afectan otros cultivos con problemas de *Rhizoctonia sp.*, *Pestalotiopsis sp.*, *Fusarium sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Uromyces phaseoli*, entre otros, inhibe el crecimiento en un alto porcentaje de las enfermedades causadas por la mayoría de esos patógenos (Agríos, 2004).

*Trichoderma harzianum* coloniza fácilmente el sistema radicular en la planta, durante el tiempo ha desarrollado mecanismos para afectar y parasitar otros hongos y así mismo obtener nutrientes adicionales. Según Ortega, Alarcón y Cerrato (2011) reportan que los mecanismos de *Trichoderma sp.*, los cuales son que actúa como biocontrolador y colonizador del sistema radicular, micro parasitismo, antibiosis, competición por nutrientes, espacio, desactivación de las enzimas de los patógenos, tolerancia al estrés hídrico, mejora la solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos en el suelo (Ortega Aguilar, Alarcón, & Ferrera Cerrato, 2011).

Es por esto que *Trichoderma sp.* otorga diferentes ventajas como microorganismo en el suelo-planta, debido a que tiene un rápido crecimiento y desarrollo, realiza una gran cantidad de enzimas inducibles que producen a través de la presencia de hongos fitopatógenos. De las enzimas extracelulares producidas por *Trichoderma harzianum*, tres diferentes enzimas con actividad quitinolítica se han purificado y parcialmente caracterizado según (Harman G. , 2006): N – acetil glucosamidasa, quitobiosidasa y endoquitinasa. Según investigaciones han comprobado que la producción de beta 1,3 glucanasa, quitinasas y



proteinasas, en la cual aumenta su actividad de una manera creciente mientras el hongo se cultiva en medio de residuos orgánicos con quitina.

Se puede concluir que este microorganismo puede desarrollarse de muy buena manera en diferentes sustratos, lo cual es una ventaja en producción del hongo en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y a hábitats donde los hongos causan enfermedad le permite ser un eficiente agente de control (Howell, 2003).

#### 2.2.22 Factores que influyen en el crecimiento de *Trichoderma harzianum*

##### A. Temperatura

En el desarrollo del microorganismo tiene diferentes factores que son de gran importancia para lograr una buena tasa de crecimiento de *Trichoderma harzianum*. Varios estudios han evaluado el efecto de la temperatura en la germinación de las esporas y el crecimiento del tubo germinal, crecimiento del micelio, habilidades competitivas y producción de metabolitos volátiles y no volátiles en las especies de *Trichoderma*, estableciendo que la temperatura óptima de crecimiento difiere entre las especies según (Błaszczuk, y otros, 2011); al igual que la gran mayoría de hongos, *Trichoderma harzianum*, tiene un desarrollo de temperatura óptimo en los rangos de 15-30 °C (Schuster & Schmoll, 2010).

El efecto de la temperatura sobre las especies de *Trichoderma sp*, en el desarrollo de los procesos biológicos es importantes para realizar desnaturalización de proteínas, inhibición de enzimas, promoción o supresión de la producción de un metabolito particular, viabilidad y muerte celular (Schuster & Schmoll, 2010).

##### B. Disponibilidad de agua

Las especies de *Trichoderma* tienen limitaciones importantes con el bajo nivel de tolerancia osmótica el cual se encuentra entre 0.5M o menos. Las condiciones hídricas afectan las

diferentes actividades del hongo, principalmente la germinación de esporas, crecimiento de micelio y tiene un efecto demasiado crítico en la interacción y producción de enzimas con otros hongos (Błaszczuk, y otros, 2011).

*Trichoderma harzianum* en el suelo, tiene un mejor crecimiento con humedades moderadas que altas, lo cual es por la aireación que se encuentre en el suelo es fuertemente limitada cuando la cantidad de humedad es alta (Błaszczuk, y otros, 2011).

Los hongos se desarrollan con buena cantidad de humedad para lograr una supervivencia cuidando que esto no interfiera en su metabolismo, cuando hay producción de hongos en matrices sólidas y los hongos se desarrollan con mayor humedad a la que requieren causa una disminución de oxígeno lo cual le otorga un crecimiento rápido en la formación de micelio únicamente, por este mismo efecto lo lleva a una mayor tensión de agua y va disminuyendo la solubilidad de los nutrientes cuando son sustratos sólidos los utilizados para su producción (Schuster & Schmoll, 2010). El contenido de humedad es un factor importante en el suelo así mismo en la producción a nivel de laboratorio, por lo cual en producción de matrices sólidas se necesita un contenido de agua entre el 35 y 70 % (Błaszczuk, y otros, 2011).

### C. pH

El pH tiene un papel importante para regulación de enzimas extracelulares. En su mayoría de especies del género *Trichoderma* tienen una ventaja de crecimiento en pH de rangos 2-6 aunque se recomienda un óptimo de pH 4; aunque se ha reportado producción óptima de biomasa en otras investigaciones con pH 4.5 y 6.5 (Schuster & Schmoll, 2010).

#### D. Aireación

El tema de la aireación es otro factor importante para *Trichoderma harzianum* debido a que el oxígeno y el dióxido de carbono son elementos que le otorgan habilidad para crecer en diferentes tipos de suelo y debido a que las especies de *Trichoderma* son anaerobios facultativos pueden crecer de buena manera donde el oxígeno es mínimo (Harman, Howell, Viterbo, Chet, & Lorito, 2004).

Hay que tener claro que cuando los hongos tienen altas concentraciones de dióxido en su respiración celular estos se pueden acumular en ambientes cerrados y de manera que se pueda inhibir el crecimiento del microorganismo por lo regular las concentraciones en la que los hongos se ven inhibidos son de 10 a 15% (Harman, Howell, Viterbo, Chet, & Lorito, 2004).

#### E. Condiciones de luz

La luz puede afectar la formación de las estructuras y puede orientar los movimientos fototropicos de las mismas (Howell, 2003). Aparentemente el crecimiento de los hongos no se ve influenciado por efecto de luz, pero cuando se encuentra una fuerte fuente de la misma ocurre el proceso de inhibición de crecimiento en el hongo.

En varios casos la luz afecta directamente la esporulación, según la cantidad de luz se determina si es un proceso que induzca o inhiba el crecimiento de las estructuras reproductivas y la esporulación en el desarrollo del microorganismo. El efecto de la luz es bastante complejo debido a que en cada especie va diferir la respuesta que puedan tener los hongos (Howell, 2003).

Mayormente las especies de *Trichoderma* son fotosensibles, lo cual otorga una esporulación rápida en los diferentes sustratos, se tiene que tener una buena alternancia de luz y oscuridad aproximadamente 12 horas de luz se tiene que tener una buena alternancia de luz y oscuridad aproximadamente 12 horas de luz diaria, y se debe tener una etapa foto

inductiva entre 380 – 440 nm de rango visible para que pueda tener un eficiente desarrollo, cuando se encuentra por debajo de estos parámetros solamente se obtendrá producción de micelio y no habrá esporulación del hongo (Howell, 2003).

#### 2.2.23 Mecanismos de antagonismo

Se pueden proponer diferentes modos de acción en los cuales se explica la supresión de patógenos por *Trichoderma harzianum*; los diferentes modos incluyen competencia por nutrientes, producción de enzimas, producción de antibióticos, producción de enzimas que degradan pared celular, estimulación a los mecanismos de defensa en la planta y pueden haber algunas combinaciones de las mencionadas (Harman, Howell, Viterbo, Chet, & Lorito, 2004).

Cada mecanismo utilizado por este hongo para un control sobre enfermedades es muy complejo y se tienen diferentes variaciones en su interacción con la planta y el patógeno. Además los mecanismos se ven influenciados por factores como el pH, humedad en planta, tipo de suelo, el ambiente en el suelo y la micro flora que esté presente en el suelo (Howell, 2003).

#### 2.2.24 Micro parasitismo

Uno de los efectos que tiene *Trichoderma harzianum* es ser un micro parasito, en el cual se tiene una interacción sobre hospedero-parasito. Este efecto da inicio sobre el reconocimiento sobre un hospedero cuando libera moléculas por acción enzimática del micro parasito. El proceso se realiza al tener señales generadas por los polímeros en la pared de las estructuras de los hongos patógenos o cuando los productos de la degradación son liberados en el contacto del hospedero (Błaszczyk, y otros, 2011).

El proceso de micro parasito se va generando directamente hacia el hospedero, se enrolla alrededor de este, también se une por formación de ganchos y aspersiones. Luego de la interacción inicial el micro parasito penetra el micelio del hospedero por la degradación de su pared celular. Y para finalizar se asume que usa el contenido intracelular del hospedero. Para que el micro parasito realice su función en el suelo, las hifas del antagonista deben crecer hacia el contacto con los hifas o esclerocios y parasitarlo (Harman, Howell, Viterbo, Chet, & Lorito, 2004).

En este proceso es importante que la degradación de la pared celular de los hongos fitopatógenos sea mediada por acción de enzimas hidrolíticas que son producidas por el antagonista; dentro de estas enzimas hidrolíticas se encuentran glucanasas y quitinasas responsables de la degradación de la quitina y beta glucanos (Howell, 2003).

El efecto del micro parasitismo que realiza *Trichoderma sp.*, fue demostrado por Weindling (1934) y Grondona (1997), el cual se concluye que tiene una serie de eventos sucesivos bastante complejos. El primer paso es la interacción detectable que muestra un crecimiento quimiotrópico de *Trichoderma sp.*, en respuesta a algún estímulo de la hifa del hospedero o hacia un gradiente de químicos producidos por el mismo. Como segundo paso el micro parasito hace contacto físico con su huésped, sus hifas se enrollan alrededor de este o se adhieren por medio de estructuras especializadas. Y como tercer paso en las interacciones el micro parasito penetra al micelio como huésped, degradando aparentemente de manera parcial su pared celular (Whipps, 2001).

#### 2.2.25 Competencia

En la rizósfera es importante la competencia debido a que un agente como *Trichoderma harzianum* no puede competir por espacio y nutrientes si es incapaz de crecer en la rizósfera. Las especies de *Trichoderma* son fuertemente aplicadas en suelo o como tratamiento de semillas, las cuales van creciendo a la misma vez que el crecimiento radicular en la planta (Howell, 2003).

#### 2.2.26 Producción de enzimas

Los diferentes mecanismos que involucran un control de *Trichoderma* tienen diferentes explicaciones para un buen control. La producción de enzimas como glucanasas y quitinasas son las que disminuyen el efecto de los hongos fitopatógenos. Este tipo de enzimas son hidrolíticas las cuales degradan los diferentes polisacáridos que otorgan estructura y rigidez a la pared celular de los hongos, el efecto que produce que se destruya la integridad de los patógenos; a la vez se establece que los hongos producen proteasas que afectan a las diferentes enzimas de los patógenos los cuales perturban la capacidad de afectar las células de las plantas (Howell, 2003). Según Ait-Lahsen (2001) hay otras enzimas que degradan pared celular e hidrolizan polímeros ayudan al control del micelio en los hongos patógenos.

#### 2.2.27 *Glomus intraradices*

*Glomus intraradices* es una micorriza la cual se aisló del suelo en España, y la cual según investigaciones en diferentes lugares ha demostrado que tiene una gran efectividad para ser utilizadas en clima templado (Hernández Artaza, 2001).

La clasificación taxonómica según INVAM (2014) es:

Orden: Glomales.

Suborden: Glominae.

Familia: Glomaceae .

Género: *Glomus* Tulasne & Tulasne.

Especie: *Glomus intraradices* Schenck & Smith.

### 2.2.28 Esporas

Característicamente el color de las esporas son blancas cremosas – amarillo café, *Glomus* tiene una forma globosa, los tamaños varían desde 30 a 150  $\mu\text{m}$ . Se ha determinado que existen 3 capas que conforman la pared las cuales se conocen como L1, L2 y L3, en las cuales se tiene estudiado que en la primera capa se encuentran las esporas juveniles, en la segunda capa continúan las hifas y finalmente en la tercer capa se encuentran las esporas e hifas de la micorriza (INVAM, 2014).

### 2.2.29 Capas de esporas de *Glomus intraradices*

- L1: La primera capa esta exteriormente en la pared la cual es hialina, mucilaginoso, de 0.5 a 3.4  $\mu\text{m}$  de grosor. Al pasar el tiempo esta capa se va degradando y se descompone por la acción de los microorganismos, luego se encuentran restos de gránulos únicamente.
- L2: La segunda capa se encuentra unida con la capa mucilaginoso externa, hialina, de 1.5 a 4.9  $\mu\text{m}$  de grosor en esporas intactas. Al pasar el tiempo la capa se va degradando con la primera y al igual solo quedan restos de gránulos. Las esporas particularmente no se encuentran en las primeras dos capas.
- L3: La tercera capa es de color blanco y en la parte interior de las paredes según la presión que se tenga surgen algunas sub capas de forma unida o separadas. El porcentaje de separación entre las subcapas varía entre esporas y siempre es afectado por la edad y grado de parasitismo. En esporas juveniles, la subcapa es de 0.6 a 1.1  $\mu\text{m}$  de grosor y va en aumento con la formación de otras subcapas. El grosor varía entre 3.2 a 12  $\mu\text{m}$  en esporas maduras, esta capa se forma simultáneamente en la pared de las hifas (INVAM, 2014).

### 2.2.30 Hifas

Las hifas de *Glomus intraradices* tienen forma de cilindro las cuales tienen un ancho de 12 a 19  $\mu\text{m}$ , y su pared es de 3.1 a 6.5  $\mu\text{m}$  de ancho, según (INVAM, 2014) la pared de la hifa tiene 3 capas que son continuas con las capas de esporas, las dos capas externas están presentes en sus etapas tempranas cuando se forman las esporas; estas dos capas son delgadas y van degradándose cuando la espora va madurando.

### 2.2.31 Germinación

El tubo germinativo tiene origen a partir de la hifa. Este empieza con la tercer capa que se encuentra en el interior de la pared, en algunas especies muestran tubos germinativos iniciando en terminales de fragmentos de hifas rotos. Este fenómeno se puede relacionar con la infectividad de las hifas con sus fragmentos según cada especie (INVAM, 2014).

### 2.2.32 Estructuras micorrízicas

La estructura de una micorriza se forma con las numerosas esporas que dan inicio en los lugares más cercanos con la red de arbusculos e hifas. Según estudios realizados no se tiene con seguridad como se diferencian las vesículas en esporas debido a que aparentemente esto puede realizarse en las raíces directamente (INVAM, 2014).

La colonización arbuscular tiene un clímax rápidamente a comparación de otros hongos de *Glomus*; junto con raíces viejas, a menudo, se encuentra una extensiva red de hifas (sin arbusculos) y numerosas esporas intrarradicales. Las esporas tienen la característica de agrupación y formación de racimos. Esta propiedad ha llevado a muchos micorrizólogos a confundir esta especie con *Glomus fasciculatum* (INVAM, 2014).



### 2.2.33 Interacción entre *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*

El suelo es considerado un sistema complejo en donde habita una gran diversidad de especies vegetales, animales y microbianas, estableciendo muchas relaciones entre sus componentes de forma bastante variada y compleja, lo que se le atribuyen diversas características propias mediante la modificación de las fases sólida, líquida y gaseosa. En diversas zonas se presentan valores bajos de materia orgánica por la escasa cubierta vegetal y limitada productividad, siendo la materia orgánica fundamental para las plantas, por ello la rizósfera debe constituirse en la zona donde se presente la mayor actividad microbiana para la síntesis de promotores de crecimiento de las plantas (Olave & Santander, 2014).

Los microorganismos tienen gran importancia en las características edáficas de los suelos; ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo y hierro, fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos; degradación de compuestos xenobióticos y producción de fitohormonas (Avis, Gravel, & Tweddell, 2010), señalan que los microorganismos del suelo desempeñan la función importante en el mantenimiento de la estabilidad de agro sistemas contribuyendo a la fertilidad del suelo, a la estructura y biodiversidad y tienen un real efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los microorganismos según sus relaciones con las plantas se diferencian en simbioses parasíticas o “patógenas”, causantes de enfermedades a las plantas; simbioses mutualistas, los cuales benefician el desarrollo y nutrición vegetal y microorganismos saprófitos, los cuales obtienen su fuente nutricional a partir de compuestos orgánicos procedentes de residuos animales, vegetales o microbianos. Además existen dos grandes grupos de microorganismos de interés agrícola: Promotores de control biológico y Agentes de Control Biológico (Palenzuela, Roldán, Bautista, Vallejo, Barea, & Azcón-Aguilar, 2002).

En el grupo de los promotores de crecimiento se identifican como efectos primarios, síntesis de hormonas que estimulan el crecimiento, solubilización de nutrientes con independencia de la acidez del suelo aumentando su disponibilidad para las plantas y mayor tolerancia al

estrés abiótico. Entre los efectos secundarios, el más relevante es el control de enfermedades (Harman G. , 2006).

En el grupo de los agentes de control biológico se identifica a *Trichoderma* y *Pseudomonas*, entre otros microorganismos biocontroladores. Destaca el parasitismo y la inhibición del crecimiento de fitopatógenos como efectos primarios; y entre los efectos secundarios se ha demostrado un efecto estimulante en el crecimiento de las plantas, degradación de materia orgánica y aumento en la disponibilidad de nutrientes (Avis, Gravel, & Tweddell, 2010).

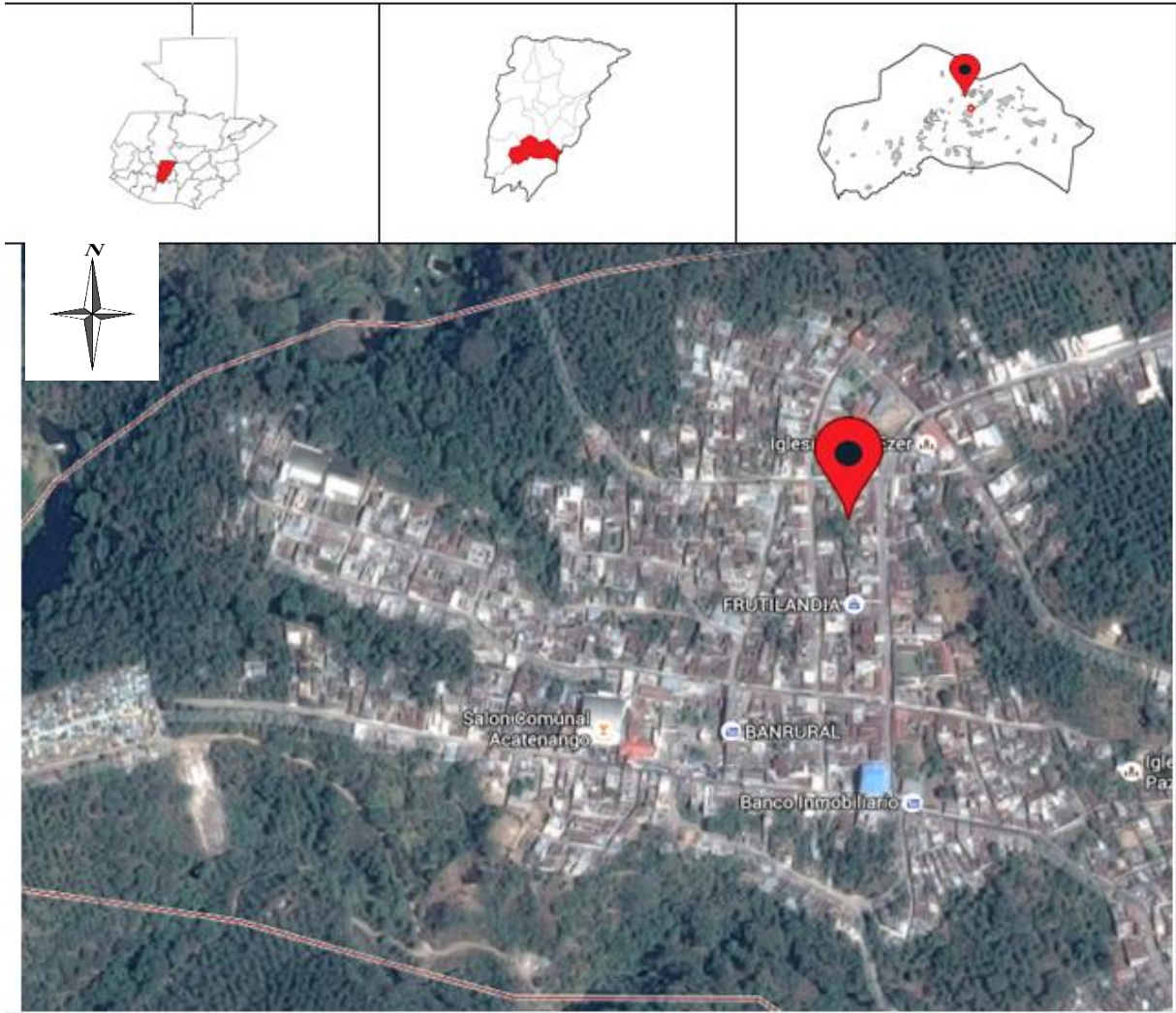
En la rizosfera se han encontrado interacciones neutras, positivas y negativas (Palenzuela, Roldán, Bautista, Vallejo, Barea, & Azcón-Aguilar, 2002). (Cavet, Pera, & M., 1992) Registraron efectos sinérgicos entre *Trichoderma* y hongos micorrícicos arbusculares sobre el crecimiento de la planta *Tagetes erecta*. Sin embargo, McAllister (1994) observó efectos negativos en la producción de biomasa.

Según Olave y Santander (2014) la coinoculación entre *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* determinan que la relación entre estos hongos disminuyen el porcentaje de micorrización por una acción antagónica de *Trichoderma harzianum*, sobre el hongo micorrícico, en un experimento realizado con el cultivo de melón, el valor disminuye en un 21.1% cuando las plantas se coinoculan. La acción antagónica de *Trichoderma harzianum*, se expresa parasitando el micelio y esporas de las micorrizas disminuyendo así la intensidad de *Glomus intraradices*, además produce y libera metabolitos tóxicos volátiles y no volátiles a la rizósfera ejerciendo acción fungistática.

#### 2.2.34 Marco referencial

#### 2.2.35 Ubicación geográfica

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Acatenango que se encuentra situado en la parte sur del departamento de Chimaltenango, en la Región V o Región Central. Se localiza a una latitud 14° 44' 15" y longitud 90° 56' 35". Ver mapa, en la figura 10.



Fuente: Google maps 2016.

**Figura 10. Ubicación de Acatenango.**

El municipio de Acatenango, limita al Norte con el municipio de Patzicia, Zaragoza y Patzún (Chimaltenango); al Sur con el municipio de Yepocapa (Chimaltenango); al Este con San Andrés Itzapa (Chimaltenango) y San Miguel Dueñas (Sacatepéquez); y al Oeste con Pochuta (Chimaltenango). Cuenta con una extensión territorial de 172 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1571 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 33 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango (Cultura Petenera, 2011).

### 2.2.36 Suelo

El tipo de suelo se caracteriza por sus pendientes mayores de 15% con presencia de barrancos profundos de paredes perpendiculares, erosionadas (desarrollados sobre cenizas volcánicas), la génesis de los suelos se ha formado a partir de tres clases de materiales que son: 1. Cenizas Volcánicas de grano grueso en la parte más alta. 2. Cenizas volcánicas endurecidas (con talpetate), en la parte media. 3. Cenizas volcánicas transportadas por el agua y depositas en la parte baja. El principal problema del suelo lo constituye la erosión que provoca la lluvia.

Según datos del Instituto de investigación Agronómica el 32% de la tierra es utilizado para el cultivo. El 45% de las Tierras es apto para la producción forestal, pastos, agroforestería y construcción de ecosistema. El 23% de la tierra es ocupada por población urbana y rural (CATIE, 2014).

### 2.2.37 Precipitación

La precipitación pluvial según las estaciones metereológicas del CATIE, en Acatenango van desde 145 a 1,699 mm/año (CATIE, 2014).

### 2.2.38 Vientos

El promedio de la velocidad en el viento es de 25 km hora entre los meses de enero a junio, y un promedio de 14 km/hora entre junio y diciembre (Cultura Petenera, 2011).

### 2.2.39 Radiación solar

El promedio de exposición solar es de 7.6 horas diarias, el promedio entre los meses de enero a marzo 8.5 horas y en época lluviosa el promedio es de 4 horas diarias (CATIE, 2014).

### 2.2.40 Material de ejote francés (Serengeti)

El ejote francés serengeti es una semilla híbrida con porte intermedio, con plantas que alcanzan entre 45 cm hasta los 50 cm de altura.

En cuanto a condiciones climáticas, cuenta con una muy buena adaptación entre los 600-2500 msnm.

Tiene una alta resistencia a los virus de mosaico, y antracnosis, con una intermedia resistencia a la Roya (*Uromyces appendiculatus*). Tiene un ciclo de cosecha que varía entre los 55 – 60 días después de la siembra, y en la etapa de cosecha tiene una duración de aproximadamente 3-4 semanas según sea el desarrollo y cuidado del cultivo. El color de la semilla es blanca, al igual que su flor.

Este cultivo se tiene una producción promedio de 18 quintales por cuerda (34 x 34 metros), el equivalente a 110 quintales por manzana; es una variedad bastante alta en rendimiento, contando con frutos grandes, de buen color que llegan a medir entre los 13-15 cm de largo (Syngenta, 2014).

#### 2.2.41 *Trichoderma* utilizado

*Trichoderma harzianum*, es un hongo micro parasítico, el cual cubre las raíces del cultivo en lo cual forma una estrecha relación con la raíz debido a su colonización. Esta cepa es de cadena, a temperatura ambiente, por lo que, a comparación de las cadenas frías anteriores, no requiere condiciones heladas para su conservación.

Esta cepa fue enviada desde el estado de Sinaloa, en México, en el año 2,004 y desde entonces se ha inoculado en diferentes áreas y cultivos de Guatemala en los cuales ha sido bastante adaptada en los años siguientes. Tiene un crecimiento rápido, para la producción en laboratorio, de 12 días; además en la inoculación es demasiado agresiva, por lo que coloniza rápidamente las raíces. El hongo se diferencia por tener un color verde oscuro, siendo bastante antagonista sobre otros patógenos tanto benéficos como dañinos para los cultivos.

El material tuvo una de concentración de  $5.2 \times 10^{10}$  UFC, aunque en condiciones de poca cantidad de luz, en la producción, se ve un decrecimiento en la cantidad de esporas, antes de pasarlo a hongo puro para ser formulado (ABIOSA, 2014).

#### 2.2.42 *Glomus intraradices* utilizado

*Glomus intraradices*, es un hongo que optimiza la absorción de nutrientes debido a la solubilización que le otorga las estructuras micorrícicas a la planta, incrementa la tolerancia al estrés hídrico, tiene una alta colonización de raíces; siendo una relación bastante benéfica hacia los diferentes cultivos.

Estos organismos fueron enviados desde el estado de Sinaloa, México, en el año 2,004. Desde esa fecha, en Guatemala, se ha logrado adaptar el *Glomus intraradices*, en las

diferentes condiciones de suelos. Tiene cadena a temperatura ambiente para su almacenamiento.

Este hongo tiene concentración de 3,000 propágulos por litro de solución para su liberación en campo. Su mecanismo de colonización es aproximadamente de 15 días en campo (ABIOSA, 2014).

## 2.3 OBJETIVOS

### 2.3.1 Objetivo general

Conocer el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, en el desarrollo radicular y rendimiento ejote francés var Serengeti.

### 2.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum*, y *Glomus intraradices* en el rendimiento del ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).
2. Establecer la relación que existe entre el incremento del sistema radicular y la producción en ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.).
3. Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum*, *Glomus intraradices* y la coinoculación en la nodulación de *Rhizobium* en ejote francés.



## 2.4 HIPÓTESIS

La utilización de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, aumentara la cantidad de peso radicular y el rendimiento en el cultivo de ejote francés var. Serengeti.

## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1 Diseño experimental

En la investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, dentro de cada bloque se ubicaron cuatro tratamientos.

### 2.5.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el análisis de varianza de un diseño de bloques completos al azar utilizado, es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Variable Respuesta.

$\mu$ : Efecto de la Media General.

$T_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo Tratamiento.

$B_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo Bloque.

$E_{ij}$ : Efecto del Error Experimental

(López Bautista & González Ramírez, 2015).

### 2.5.3 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron, *Trichoderma harzianum*, *Glomus intraradices*, mezcla de *Trichoderma harzianum*, *Glomus intraradices* y el testigo, en el cultivo de ejote francés. La aplicación de los tratamientos se realizó a los 8 días después de la emergencia de las plantas de ejote francés, siendo esta la única aplicación durante el ciclo de cultivo. La aplicación de *Trichoderma harzianum* fue de una concentración de  $5.2 \times 10^{10}$  UFC, *Glomus intraradices* se aplicó a una concentración de 3,000 propagulos/litro, estos fueron aplicados en forma individual y en una mezcla de ambos, y como referencia un testigo absoluto.

### 2.5.4 Unidad experimental

La unidad experimental fue de un total de 20 plantas, en bolsas individuales de 14 x 14 pulgadas, teniendo un total de 320 plantas por área extracción de muestras y 320 plantas para el área de rendimiento.

### 2.5.5 Parcela bruta

La parcela bruta de la unidad experimental fue 20 plantas por cada tratamiento. Teniendo dos parcelas en total, una parcela de extracción de plantas para análisis de peso seco, altura, nódulos, y dejando una parcela para rendimiento únicamente, ambas parcelas con el mismo número de plantas que fue de 320 bolsas por cada una.

### 2.5.6 Parcela neta

La parcela neta fue de 5 plantas en cada tratamiento y repetición, estas plantas se tomaron en el área central con fines de colecta de datos de peso seco, altura, nodulación y rendimiento los que se determinaron tres veces.

### 2.5.7 Distribución de tratamientos en campo

La distribución y aleatorización de los tratamientos y repeticiones se realizó al azar, tomando como base el diseño de bloques completamente al azar como se muestra en la figura 10.

<b>N</b> ↑	<b>Parcela Rendimiento</b>	Bloque	T3	T4	T1	T2	<b>Parcela Extracción</b>	<b>N</b> ↑	Bloque	T2	T4	T1	T3
		4							4				
		Bloque	T1	T3	T2	T3			3				
		3							2				
		Bloque	T2	T1	T4	T3			2				
2					1								
1					1								
		Bloque	T4	T2	T3	T1			Bloque	T4	T3	T2	T1
		1							1				

Figura 11. Distribución de tratamientos en cada uno de los bloques

### 2.5.8 Variables de respuesta

#### A. Peso seco en raíces

El peso seco de las raíces se determinó de la forma siguiente: quince días después de la aplicación de los tratamientos y cada quince días, durante tres lecturas de datos tomando plantas al azar dentro de la parcela de extracción.

Se obtuvieron datos de cinco plantas, tomadas al azar por cada tratamiento y cada repetición, se colocaron por 24 horas en horno a 70 C°, luego se determinó el peso. Las plantas se colocaron nuevamente en el horno por dos horas, al no haber variación de peso, la muestra se consideró seca y se procedió a anotar el peso correspondiente.

## B. Altura de las plantas

La altura de plantas se midió quince días después de la aplicación de los tratamientos y cada quince días, tres veces. Para ello en la parcela de extracción se tomaron al azar cinco plantas, a las cuales con un metro se midió de la base de la planta al meristemo terminal, procediéndose a registrar los datos de la medición.

## C. Número de nódulos en las raíces

Las raíces de las plantas que se tomó para conocer su peso sirvieron para conocer el número de nódulos por planta. A las raíces de las cinco plantas se les contó, utilizando un contador mecánico, el número de nódulos. Los datos obtenidos fueron registrados.

## D. Rendimiento

El rendimiento en las plantas se tomó para conocer la cantidad de ejote por tratamiento en las plantas de ejote francés, a las cuales en la parcela de rendimiento se realizó el peso para luego determinar el mejor tratamiento en cantidad de ejote, se le tomó datos de rendimiento a 20 plantas por tratamiento y repetición.

### 2.5.9 Manejo agronómico

#### A. Preparación de sustrato para uso en experimento

Se realizó la preparación de bolsas de nylon de 14 pulgadas las cuales fueron llenadas con una mezcla de suelo y lombricompost en proporción 4:1.

## B. Siembra

En cada una las bolsas se colocaron dos semillas de frijol a una profundidad de dos centímetros.

## C. Fertilización

Se aplicó, al llenado de bolsa, tres gramos de fertilizante 10-50-0.

## D. Control de malezas

El control de malezas se llevó a cabo con limpiezas manuales.

## E. Monitoreo y control de plagas

El monitoreo de plagas se realizó durante todo el ciclo del cultivo, en forma preventiva se aplicó extracto de ajo (Bralic) y cuando hubo presencia de mosca blanca se aplicó *B. bassiana*.

## F. Monitoreo y control de enfermedades

Se monitoreó enfermedades en todo el ciclo del cultivo. Cuando hubo presencia de roya se aplicó *Bacillus subtilis*.

### G. Análisis de la información

Para el análisis de datos se utilizó el programa de INFOSTAT® 2010 con el cual se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y posteriormente se realizó el estadístico de medias de Duncan, finalmente la realización de graficas de barras.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1 Efecto del *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* en el rendimiento del ejote francés

El tratamiento con *T. harzianum* mostró el mayor valor en el rendimiento por planta de ejote francés, su peso fue de 470.43 gramos, le siguió en orden descendente el tratamiento de *G. intraradices*, con un peso de 453.71 gramos por planta. En el tratamiento combinado, *T. harzianum* y *G. intraradices*, se obtuvo un peso de 368.87 gramos por planta y el testigo, al cual no se le aplicó tratamiento alguno, mostró un peso de 214.85 gramos por planta. Existe diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos. En la figura 12, se muestra el rendimiento según tratamiento realizado. En el cuadro 3, se muestra el resultado del análisis de varianza y en el cuadro 4, se muestran los resultados De la prueba de Duncan.

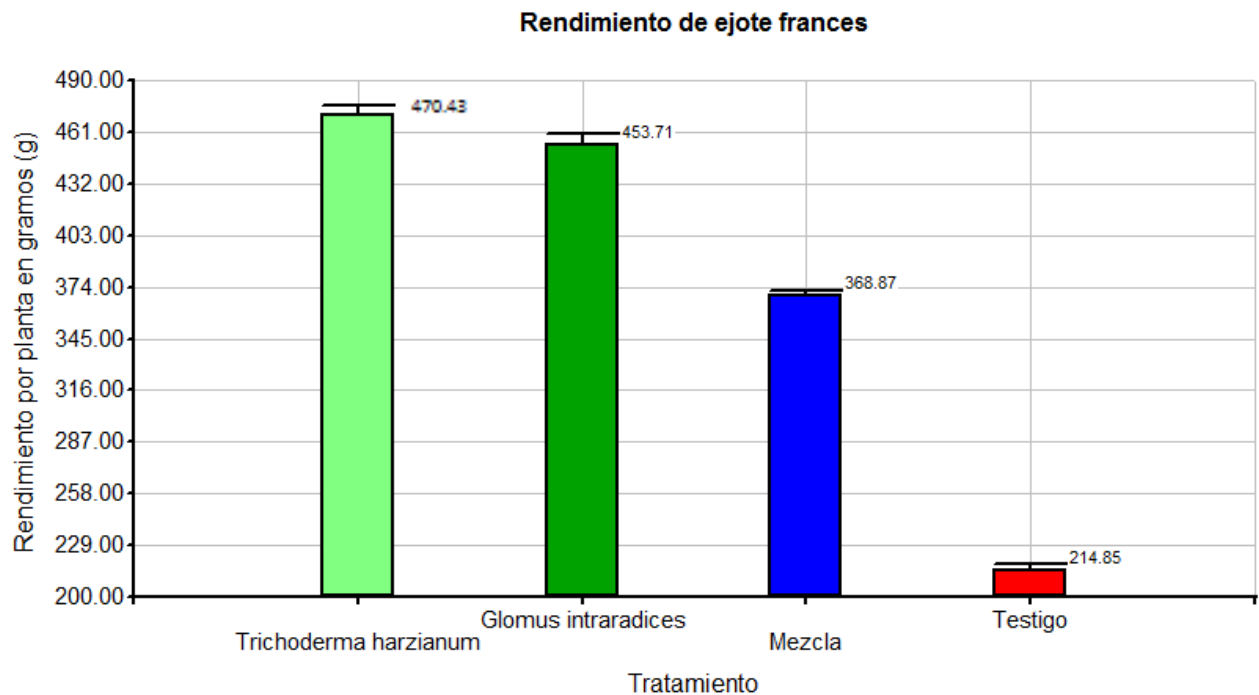


Figura 12. Rendimiento del ejote francés según tratamientos aplicados.



Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza para rendimiento.

<b>Total</b>				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Total	80	1.00	1.00	1.24

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	819582.24	6	136597.04	6292.15	<0.0001
Tratamiento	819477.04	3	273159.01	12582.68	<0.0001
Bloque	105.20	3	35.07	1.62	0.1932
Error	1584.77	73	21.71		
Total	821167.01	79			

Cuadro 4. Resultados pruebas de Duncan para rendimiento.

<b>Test:Duncan Alfa=0.05</b>				
<i>Error: 21.7091 gl: 73</i>				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1.00	470.43	20	1.04	A
2.00	453.71	20	1.04	B
3.00	368.87	20	1.04	C
4.00	214.85	20	1.04	D

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

El tratamiento con *Trichoderma harzianum*, mostró el mayor peso en producción de ejote. Este resultado se explica en que *Trichoderma harzianum* se reporta coloniza con facilidad el sistema radicular, produce hormonas vegetales, incrementa la descomposición de la materia orgánica, hace disponible los nutrientes para las plantas, mejora la capacidad de absorción de agua debido a que provoca la expansión del sistema radicular (Badar & Quereshi, 2012).

En la combinación de *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* se observó un efecto antagónico entre ellos. Esto se observa en el peso de la producción de ejote que se obtuvo

cuando se aplicó este tratamiento, el cual fue más bajo que cuando se aplicaron los tratamientos con los microorganismos en forma individual. Este fenómeno ha sido reportado en melón por Olave y Santander (2014), quienes al coinocular ambos microorganismos en raíces de melón observaron una menor micorrización; ellos también mencionan que McGovern y compañeros en 1992 reportaron una disminución del 58% al 22.1% de micorrización cuando se coinocularon el *Trichoderma harzianum* con *Glomus intraradices* en tomate.

#### 2.6.2 Relación entre el incremento radicular y la producción de ejote francés

El mayor peso seco radicular por planta de ejote francés se obtuvo con la aplicación de *Glomus intraradices*, el cual fue de 11.88 gramos, seguido en orden descendente por el tratamiento de *Trichoderma harzianum*, con un peso de 10.86 gramos, luego el Testigo con un peso de 8.70 gramos, y por último la mezcla realizada entre *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, con un peso de 8.15 gramos por planta. En la figura 13 se muestra el peso seco por planta de cada uno de los tratamientos. En las figuras 14 y 15 se muestra la comparación del sistema radicular a los 15 y 30 días después de aplicación de los tratamientos, existe diferencia significativa entre todos los tratamientos lo cual se muestra en el cuadro 5 y 6 con el análisis de varianza y el resultado de la prueba de Duncan respectivamente.

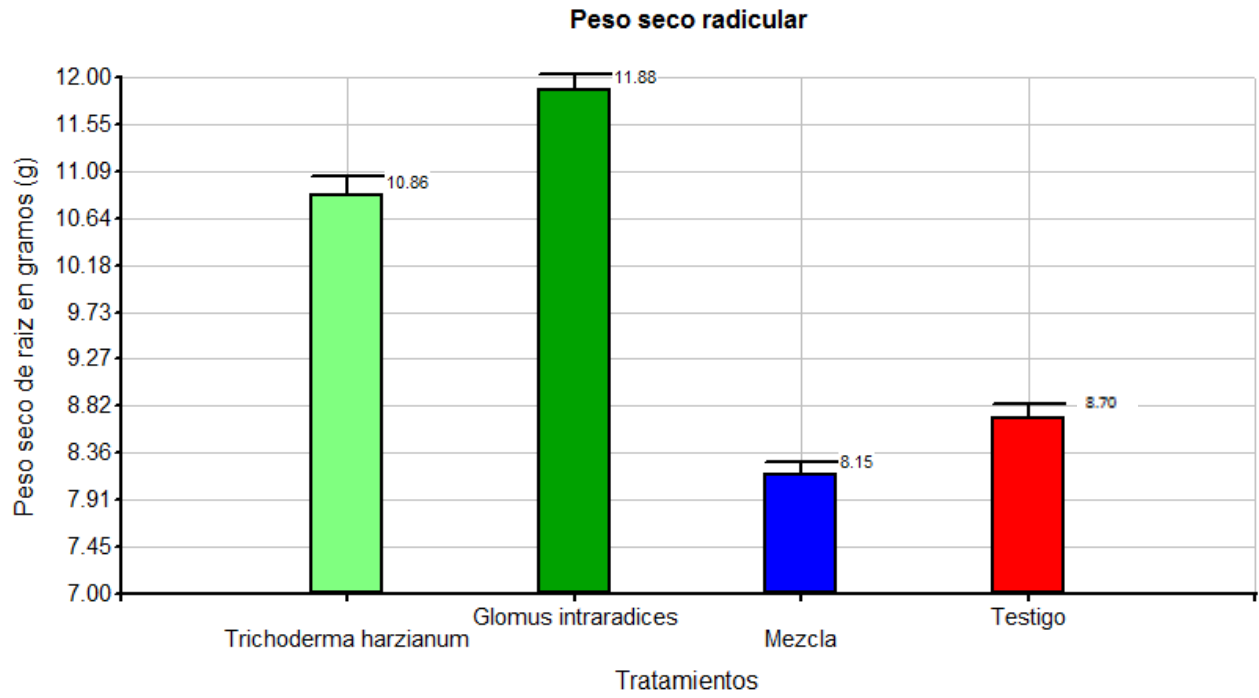


Figura 13. Peso seco de raíces (por planta) según tratamientos aplicados.



Figura 14. Comparación del desarrollo radicular 15 días después de aplicación.



Figura 15. Comparación del desarrollo radicular 30 días después de aplicación.

Cuadro 5. Resultado de análisis de varianza de peso seco radicular.

Peso raíz a 60 DDA					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso raíz a 60 DDA	80	0.99	0.99	1.52	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	186.75	6	31.13	1377.75	<0.0001
Tratamiento	186.56	3	62.19	2752.60	<0.0001
Bloques	0.20	3	0.07	2.89	0.0411
Error	1.65	73	0.02		
Total	188.40	79			

Cuadro 6. Resultado de la prueba de Duncan de peso seco radicular.

Test:Duncan Alfa=0.05					
Error: 0.0226 gl: 73					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2.00	11.88	20	0.03	A	
1.00	10.86	20	0.03	B	
4.00	8.70	20	0.03	C	
3.00	8.15	20	0.03	D	

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

El incremento del peso seco radicular que se muestra en ejote francés ha sido también reportado para melón; Olave y Santander (2014) reportan que al aplicar *Glomus intraradices* obtuvieron un peso radicular de 0.21 gramos por planta de melón, al aplicar combinados *Glomus intraradices* y *Trichoderma harzianum*, obtuvieron un peso de 0.16 gramos de peso seco radicular por planta, al aplicar únicamente *Trichoderma harzianum* reportan un peso seco radicular de 0.10 gramos por planta de melón.

Según Hinojosa, Valero y Mejía (2009) reportan a *Trichoderma harzianum* como un promotor de crecimiento en el cultivo de frijol en incremento en el sistema radicular de

plantas en concentraciones de  $10^8$  conidios/ml con un aumento positivo del 86% sobre la longitud de la raíz.

### 2.6.3 Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Glomus intraradices* y la coinoculación en la nodulación de *Rhizobium* en ejote francés

El tratamiento de *Glomus intraradices*, mostró el mayor efecto en la nodulación de ejote francés, se obtuvieron 407 nódulos por planta, seguido por la mezcla de *Trichoderma harzianum* + *Glomus intraradices* con 208 nódulos, luego el testigo con 195 nódulos y el menor valor en el número de nódulos por planta se observó en la aplicación de *Trichoderma harzianum*, con 21 nódulos. En la figura 16 se muestra el número de nódulos por planta para cada uno de los tratamientos. En la figura 17 se muestra la comparación en campo la cantidad de nódulos por tratamiento, en los cuadros 7 y 8 se muestran los resultados del análisis de varianza para el número de nódulos y para la prueba de Duncan, respectivamente.

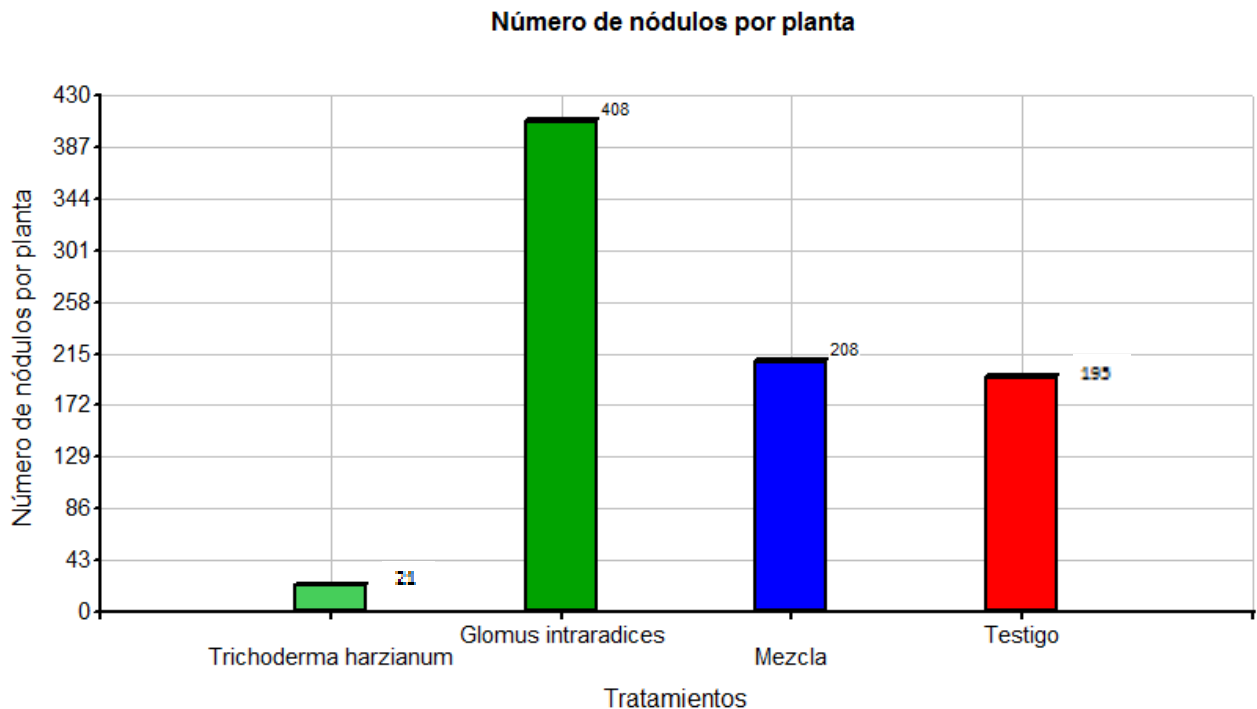


Figura 16. Número de nódulos según tratamientos aplicados.



Aplicación *T. harzianum*



Aplicación *G. intraradices*



Mezcla *G. intraradices* y *T. harzianum*



Testigo

Figura 17. Comparación de tratamientos.

Cuadro 7. Resultados análisis de varianza para nodulación.

Nódulos a 30 DDA						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Nódulos a 30 DDA	80	1.00	1.00	1.21		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1492412.60	6	248735.43	38952.45	<0.0001	
Tratamiento	1492394.45	3	497464.82	77903.96	<0.0001	
Bloques	18.15	3	6.05	0.95	0.4223	
Error	466.15	73	6.39			
Total	1492878.75	79				

Cuadro 8. Resultados de la prueba de Duncan para nodulación.

Test:Duncan Alfa=0.05						
Error: 6.3856 gl: 73						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
2.00	407.50	20	0.57	A		
3.00	208.10	20	0.57	B		
4.00	195.05	20	0.57	C		
1.00	21.85	20	0.57	D		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						

La relación que existe entre la nodulación de *Rhizobium* y *Trichoderma harzianum*, en el número de nódulos fue un producto del antagonismo entre los organismos, el cual se ve reflejado en la inhibición del crecimiento de nódulos en la raíz, al tener únicamente 21 nódulos, siendo éstos de menor tamaño en comparación a los demás tratamientos. Schuster y Schmoll (2010) indican que *Trichoderma harzianum*, tiene una alta capacidad de colonizar y es un eficiente competidor con otros microorganismos. Por otra parte se reporta por Badar y Qureshi (2012) su acción complementaria con *Rhizobium* en *Vigna mungo*. Ellos reportan que incrementan el valor de los parámetros de crecimiento.



La relación entre *Rhizobium* y *Glomus intraradices*, es una relación de simbiosis entre ellos, la cual se muestra en ejote francés con la producción de 407 nódulos por planta. Sin embargo al comparar esta relación simbiótica con el efecto que en el sistema radicular produce *Trichoderma harzianum* observamos que este último microorganismo es más eficiente en hacer disponibles el agua y los nutrientes para las plantas, debido a la solubilización de nutrientes y la mayor exploración del suelo con el incremento del sistema radicular con lo cual también genera tolerancia a situaciones adversas de humedad. Lo anterior se observa en la producción por planta la cual para ejote francés fue de 470.43 gramos por planta en comparación con 453.71 gramos que se produjeron cuando se aplicó *Glomus intraradices*.

Aguirre Medina y otros (2005) señalan que *Glomus intraradices* tiene efecto en frijol de manera positiva con la conductancia estomática y tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> lo cual ayuda a la planta al estar inoculada en una colonización del 85% de raíz y gracias a esta bondad le permite a través del micelio, explorar mayor volumen de suelo y abastecer de agua la planta, lo cual permite mantener un estado susceptible a sequía.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. La aplicación de *Trichoderma harzianum* incrementa significativamente el rendimiento en ejote francés.
2. La aplicación de *Glomus intraradices* en ejote francés incrementa significativamente el peso seco radicular por planta, en comparación con la aplicación de *Trichoderma harzianum*.
3. *Trichoderma harzianum* muestra una relación antagónica con *Rhizobium* en ejote francés.
4. *Glomus intraradices* muestra una relación simbiótica con *Rhizobium* en ejote francés.
5. La nodulación incrementa significativamente con la aplicación de *Glomus intraradices*, mientras que con *Trichoderma harzianum* los nódulos se ven inhibidos en el sistema radicular.

## 2.8 RECOMENDACIONES

1. Realizar inoculaciones con *Trichoderma harzianum* en concentraciones de  $5.2 \times 10^{10}$ , quince días después de la siembra en el cultivo de ejote francés.
2. Realizar inoculaciones con *Glomus intraradices* en concentraciones mayores a 3,000 propagulos/litro de solución en cultivo de ejote francés.
3. Realizar mezcla de entre microorganismos, primero la aplicación de *Glomus intraradices* a los quince días de la siembra posteriormente a los 15 días siguientes la aplicación de *Trichoderma harzianum*.

## 2.9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABIOSA. (2014). *Productos y paquetes*. Obtenido de Biotecnología Aplicada ABIOSA México: <http://abiosamexico.com/products.html>
2. Agrios, G. N. (2004). *Fungi*. Gainesville, USA: Limusa. 821 p.
3. Aguirre Medina, J. F., Trejo, C., Acosta Gallegos, J. A., Cadena Iñiguez, J., Peña del Río, Á., & Shibata, J. (5 de Julio de 2005). *Inoculación de Phaseolus vulgaris L. con tres microorganismos y su efecto en tolerancia a sequía*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP): <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Agricolas/article/view/4322>
4. Ait - Lahsen, H., Soler, A., Rey, M., Cruz, J. D., Monte, E., & Llobell, A. (18 de Abril de 2001). *An antifungal exo - a - 1,3- glucanase (AGN 13.1) from the biocontrol fungus Trichoderma harzianum*. Obtenido de Applied and Environmental Microbiology 67 (12):5833-5839: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC93379/>
5. Avis, Gravel, & Tweddell, J. R. (Abril de 2010). *Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity*. Obtenido de Organic Agriculture Centre of Canada: [http://www.organicagcentre.ca/ResearchDatabase/res\\_rhizosphere\\_microorgs.asp](http://www.organicagcentre.ca/ResearchDatabase/res_rhizosphere_microorgs.asp)
6. Badar, R., & Quereshi, S. (02 de abril de 2012). *Comparative effect of Trichoderma hamatum and host-specific Rhizobium species on growth of Vigna mungo*. Obtenido de Journal of Applied Pharmaceutical Science 02 (04) ,128-132: [http://www.japsonline.com/admin/php/uploads/440\\_pdf.pdf](http://www.japsonline.com/admin/php/uploads/440_pdf.pdf)
7. Bae, Y. S., & Knudsen, G. R. (Febrero de 2000). *Cotransformation of Trichoderma harzianum with  $\beta$ -glucuronidase and green fluorescent protein genes provides a useful tool for monitoring fungal growth and activity in natural soils*. Obtenido de Applied and

- Environmental Microbiology 66 (2) , 810-815:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC91900/>
8. Biocultivos Colombia. (Marzo de 2015). *Ficha técnica cepa Trichoderma viride*. Obtenido de Biocultivos:  
<http://www.biocultivos.com.co/dctos/Ficha+Tecnica+Cientifica+del+Trifisol.pdf>
  9. Błaszczyk, L., Popiel, D., Chełkowski, J., Koczyk, G., Samuels, G., Sobieralski, K., y otros. (5 de Abril de 2011). *Species diversity of Trichoderma in Poland*. Obtenido de Journal of Applied Genetics 52 (2,)233-243:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3088803/>
  10. Castillo Samudio, R. R. (Diciembre de 2007). *Efecto de la aplicación de (Trichoderma harzianum) en la producción de maíz dulce (Zea mays) variedad golden baby*. Obtenido de Biblioteca Wilson Popenoe, Zamorano:  
<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/691/1/T2376.pdf>
  11. CATIE. (Enero de 2014). *Catie*. Obtenido de Boletín Mensual Estación Metereológica "El Platanar": <https://www.catie.ac.cr/guatemala/attachments/article/12/boletin-enero-2014.pdf>
  12. Cavet, C., Pera, J., & M., B. J. (26 de August de 1992). *Growth response of marigold (Tagetes erecta L.) to inoculation with Glomus mosseae, Trichoderma aureoviride and Pythium ultimum in a peat-perlite mixture*. Obtenido de Bashan Foundation (148):1-6:  
<http://www.bashanfoundation.com/barea/bareaaureoviri.pdf>
  13. CIAT. (Noviembre de 1988). *Meloclires del taller Internacional de mejoramiento genético de frijol*. Obtenido de Centro Internacional de Agricultura Tropical : [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB327.T45E\\_C.2\\_Taller\\_Internacional\\_de\\_Mejoramiento\\_Gen%C3%A9tico\\_de\\_Frijol\\_1988,\\_Cali,\\_Colombia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.T45E_C.2_Taller_Internacional_de_Mejoramiento_Gen%C3%A9tico_de_Frijol_1988,_Cali,_Colombia.pdf)
  14. Cordero, M. (15 de Abril de 2013). *80 millones de libras de arveja y ejote por año*. Obtenido de Data Export: <http://revistadata.export.com.gt/2013/04/80-millones-de-libras-de-arveja-y-ejote-por-ano/>

15. Cultura Petenera. (6 de Agosto de 2011). *Acatenango*. Obtenido de Cultura Petenera y Mas: <https://culturapeteneraymas.wordpress.com/2011/08/06/acatenango/>
16. Danay, I., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (Abril de 2009). *Mecanismos de acción de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos*. Obtenido de Revista Protección Vegetal 24 (1):14-21: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>
17. Grondona, I., Hermosa, R., Tejada, M., Gomis, M. D., Mateos, P. F., Bridge, P. D., y otros. (29 de Mayo de 1997). *Physiological and biochemical characterization of Trichoderma harzianum, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens*. Obtenido de Applied and Environmental Microbiology 63 (8) : 3189–3198: <http://aem.asm.org/content/63/8/3189.full.pdf+html>
18. Gudiel, V. (15 de Marzo de 2015). *Cultivo de ejote*. Obtenido de Productora de Semillas: <http://www.productoradesemillas.com/Artecnicos/Hortalizas/Recomendacionesdemanejodecultivodeejote.pdf>
19. Harman, G. (February de 2006). *Overview of mechanisms and uses of Trichoderma spp.* Obtenido de APS Journals 96 (2) : 190-194: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PHYTO-96-0190>
20. Harman, G., Howell, C., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (Enero de 2004). *Trichoderma species - opportunistic, avirulent plant symbionts*. Obtenido de Nature Reviews Microbiology 2 : 43-56: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15035008>
21. Hernández Artaza, C. A. (2001). *Efecto del hongo micorriza (Glomus intraradices Schenk & Smith) en el crecimiento del portainjerto mexícolá (Persea americana Mili) cultivado bajo cinco tratamientos de fertilización*. Obtenido de Avocado Source: [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/G-H-I/HernandezClaudio2001.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/HernandezClaudio2001.pdf)
22. Hinojosa Cubillos, J., Valero , N., & Mejía, L. (19 de Febrero de 2009). *Trichoderma harzianum como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (Passiflora edulis var. flavicarpa Degener)*. Obtenido de Scielo - Agronomía Colombiana 27 (1) : 81-86: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n1/v27n1a11.pdf>

23. Howell, C. (January de 2003). *Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts*. Obtenido de APS Journals 87 (1) : 4-10 : <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>
24. INVAM. (30 de Junio de 2014). *Rhizophagus intraradices*. Obtenido de INVAM - International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi: <http://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomaceae/rhizophagus/intraradices>
25. Knudsen, G. R., Eschen, D. J., Dandurand, L. M., & Wang, Z. G. (Octubre de 1991). *Method to enhance growth and sporulation of pelletized biocontrol fungi*. Obtenido de Applied and Environment Microbiology 57 (10) , 2864–2867: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC183887/>
26. Lincoln, E. Z. (2006). *Fisiología vegetal*. Castellón, España: Universitat Jaume I. 580 p.
27. López Bautista, E. A., & González Ramírez, B. H. (27 de Febrero de 2015). *Estadística fundamentos y aplicaciones en agronomía y ciencias afines*. Obtenido de FAUSAC: [http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/27/Estad%C3%ADstica\\_V-1.1-2015.pdf](http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/27/Estad%C3%ADstica_V-1.1-2015.pdf)
28. Ministerio de Ganadería. (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/54816549/Aspectos-Tecnicos-sobre-Cuarenta-y-Cinco-Cultivos-Agricolas-de-Costa-Rica>
29. Mohammed, E., Pérez Sánchez, C., Ahmed, S. A., Requena, M. E., & Candela, M. E. (11 de Mayo de 2004). *Trichoderma harzianum como biofungicida para el biocontrol de Phytophthora capsici en plantas de pimiento (Capsicum annuum L.)*. Obtenido de Universidad de Murcia 26: 35-45: <https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/26/PDF/05-TRICHODERMA.pdf>
30. Olave, J., & Santander, C. (14 de Marzo de 2014). *Efecto de la interacción del hongo micorrízico arbuscular (AMF) Glomus intraradices y Trichoderma harzianum, sobre la producción de plantines de melón en zonas áridas*. Obtenido de Idesia- Universidad de Tarapacá Facultad de Ciencias Agronómicas 32 (2) , 21-28: <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v32n2/art04.pdf>

31. Ortega Aguilar, B. L., Alarcón, A., & Ferrera Cerrato, R. (Abril de 2011). *Effect of potassium bicarbonate on fungal growth and sclerotia of Sclerotium cepivorum*. Obtenido de Revista Mexicana de Micología 33: 53-61: <http://revistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2011/04/7-TR-220-VOL-53-61-FINAL.pdf>
32. Palenzuela, J., Roldán, A., Bautista, S., Vallejo, R., Barea, J. M., & Azcón-Aguilar, C. (20 de July de 2002). *Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened mediterranean shrublands*. Obtenido de Bashan Foundation: <http://www.bashanfoundation.org/barea/bareapotential.pdf>
33. Schuster, A., & Schmoll, M. (12 de Mayo de 2010). *Biology and biotechnology of Trichoderma*. Obtenido de Applied Microbiology and Biotechnology 87 (3) :787–799: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2886115/pdf/253\\_2010\\_Article\\_2632.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2886115/pdf/253_2010_Article_2632.pdf)
34. Syngenta. (2014). *Semilla híbrida de habichuela*. Obtenido de Syngenta: [http://www3.syngenta.com/country/gt/sp/Soluciones/Semillas/Semillas\\_Vegetales/Habichuela/Paginas/Serengeti.aspx](http://www3.syngenta.com/country/gt/sp/Soluciones/Semillas/Semillas_Vegetales/Habichuela/Paginas/Serengeti.aspx)
35. Vallejo, Cabrera, F., & Estrada, Salazar, É. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Obtenido de ICTA: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/miscelaneos/HORTALIZAS%20DE%20CLIMA%20CALIDO.pdf>
36. Villela Ramírez, J. D. (1992). *El cultivo del ejote francés*. Obtenido de ICTA: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/ejote/EJOTE%20FRANCES.pdf>
37. Whipps, J. (Marzo de 2001). *Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere*. Obtenido de Journal of Experimental Botany 52: 487-511: [http://jxb.oxfordjournals.org/content/52/suppl\\_1/487.full.pdf+html](http://jxb.oxfordjournals.org/content/52/suppl_1/487.full.pdf+html)



## 2.10 ANEXOS



Figura 18A. Montaje de experimento



Figura 19A. Emergencia de plantas



Figura 20A. Desarrollo de plantas a los 15 días



Figura 21A. Tratamientos utilizados



Figura 22A. Hongo puro *Trichoderma harzianum*



Figura 23A. Hongo puro *Glomus intraradices*



Figura 24A. Después de la aplicación (8 días)

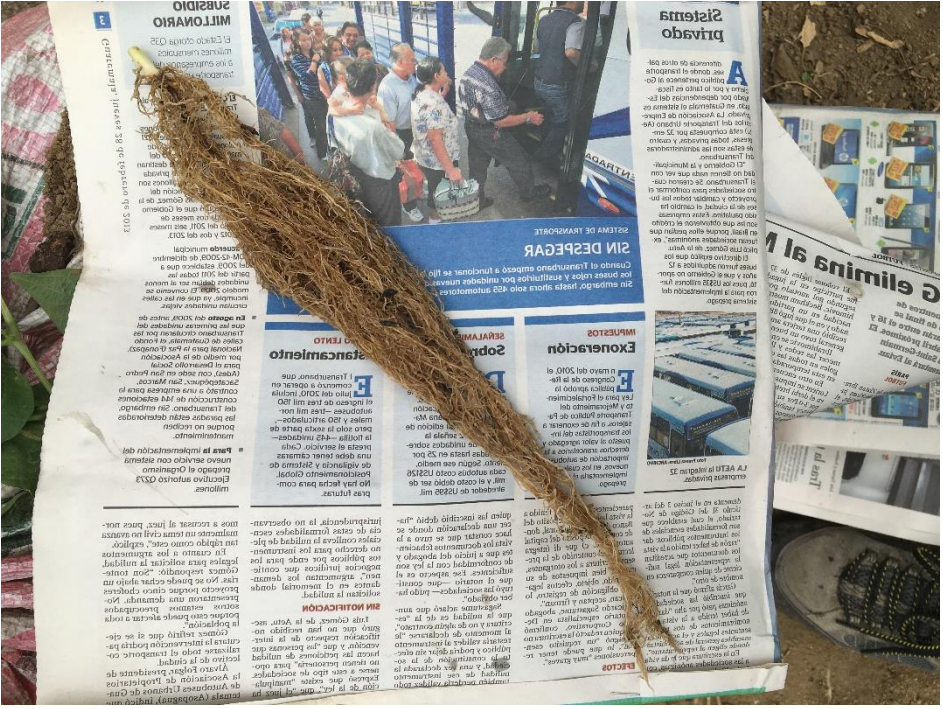


Figura 25A. Toma de datos en campo



Figura 26A. Secado de muestras



Figura 27A. Toma de datos peso seco

## **CAPÍTULO III**

# **INFORME DE SERVICIOS**

- 3 **SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA  
EMPRESA TIERRA DE ÁRBOLES S.A.**

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó un diagnóstico con el cual se determinaron áreas prioritarias en la finca Chaparral, en base a dicho análisis se determinaron servicios para solucionar parte de la problemática.

Los servicios realizados fueron los siguientes:

El primer servicio se inicia con las BPA (Buenas Prácticas Agrícolas) y El Medio ambiente las cuales fueron desarrolladas a partir de charlas durante la realización del EPS, con el fin de crear conciencia, acciones en las personas que están trabajando en la finca, debido a que es un punto importante para las certificaciones Global GAP.

El segundo servicio fue el control de calidad de arveja y aplicaciones de pesticidas en campo, en estos puntos se basa la inocuidad de la materia prima. Existe una relación directa entre la calidad – daño ocasionado por insectos, enfermedades y daño mecánico a la materia prima, por lo cual se deben realizar aplicaciones de pesticidas solamente cuando el cultivo lo requiera. La inocuidad del producto dependerá del manejo y cuidado del cultivo durante su ciclo fenológico.

El tercer servicio fue el apoyo en certificación Global GAP y llenado de registros en campo, con estos puntos se busca llevar control de todas las actividades en campo, además aprobar la certificación Global GAP para seguir produciendo y exportando vegetales hacia los diferentes países.

Los servicios fueron realizados con la intención de mejorar las actividades agrícolas y tener una buena calidad en el producto de exportación, para tener clientes más satisfechos con el producto de la empresa.

## 3.2 OBJETIVOS

### 3.2.1 Objetivo General

- Lograr mejoras en la producción agrícola en la empresa Tierra de Árboles S.A.

### 3.2.2 Objetivos específicos

- Documentar las buenas prácticas agrícolas y el medio ambiente en la Finca Chaparral de la empresa Tierra de Árboles S.A.
- Inspeccionar la calidad de la materia prima en campo y aplicaciones de pesticidas en campo
- Apoyo en las certificaciones Global GAP y registros de todas las actividades agrícolas en campo



### 3.3 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y MEDIO AMBIENTE

#### 3.3.1 INTRODUCCIÓN

Las buenas prácticas agrícolas tienen un papel importante en la producción y cumplimiento con las exigencias de los consumidores finales, para que se pueda obtener un producto con las mejores prácticas agrícolas realizadas en campo, el valor de obtener un producto sano a un precio alto, es un plus que las exportadoras reciben mediante la utilización de las buenas prácticas agrícolas.

Es necesario conocer con el personal de campo, la importancia de las buenas prácticas agrícolas, debido a que estas personas son las que diariamente manipulan el cultivo, que al final es de consumo humano y el cual requiere un estándar alto en inocuidad del producto.

La capacitación se realizó con el fin de que el personal conozca los beneficios en la utilización de buenas prácticas agrícolas, además de tener buenos conocimientos sobre la protección del medio ambiente el cual es el que le otorga las características fenológicas a los diferentes cultivos.

La capacitación consistió en informar al personal por medio de una charla y actividades dinámicas para su mayor comprensión, realizando una prueba para comprobar la comprensión del tema expuesto.

## 3.4 OBJETIVOS

### 3.4.1 Objetivo General

Capacitar al personal que realiza los diferentes procesos productivos en la finca, con temas de cómo mejorar las actividades y generar conciencia del cuidado del medio ambiente en el que todos vivimos.

### 3.4.2 Objetivos Específicos

- Crear conciencia en las personas de las Buenas Prácticas Agrícolas
- Crear conciencia del cuidado del medio ambiente
- Preparar al personal para la certificación Global GAP

### 3.4.3 METODOLOGÍA

Se llevó a cabo la capacitación dirigida al personal que forma parte del conjunto de la empresa Tierra de Árboles S.A., teniendo tiempo para preguntas al final de la capacitación.

#### A. Temas expuestos

##### a) Buenas Prácticas Agrícolas

Las buenas prácticas agrícolas son parte de una serie técnicas para la obtención de un producto final de la mejor manera con estándares de calidad altos. Se tiene que tomar en cuenta los diferentes manejos integrados de plagas, enfermedades, conservación del ambiente y así cuidar el ambiente en el que estamos (INCAP, 2006).

Es necesario que las personas en fincas pongan atención a las diferentes prácticas y el cuidado adecuado hacia el medio ambiente. Debido a que el medio ambiente nos rodea y en el vivimos.

#### b) Importancia de cuidar el medio ambiente

El medio ambiente es una relación clave para la supervivencia humana, la cultura de las personas junto a los ideales determinaran la importancia que tenga el cuidado y protección del medio en el que vivimos. Las generaciones son rotativas y de cierta manera cíclica, por lo cual la causa de lo que se provoque en el presente tendrá repercusión en la vida de nuestros hijos. (UNICEF, 2010)

El personal debe saber y conocer la importancia de que se cuide cada recurso, para que se pueda seguir renovando el ambiente. La conciencia inicia desde el hogar, así que cuando se siembra educación, se tendrán cambios en el entorno familiar.

#### 3.4.4 RECURSOS

Entre los recursos a utilizar se encuentra:

- Recurso humano
- Panfletos
- Rótulos

#### 3.4.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Se capacito al personal con relación a las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la importancia en el cuidado del medio ambiente, lo cual ayudara a que el personal tenga mayor cuidado con las actividades realizadas diariamente en la finca, además la importancia del medio ambiente para tener un hogar en este planeta. Estas charlas ayudaran a cumplir con el proceso de certificación GLOBAL G.A.P.

Luego de la capacitación, se realizó una evaluación al personal para conocer el nivel de comprensión del tema, en donde se obtuvo un 95% de retención. En las figuras 28 y 29 se muestra la capacitación realizada para el personal y la figura 30 el listado de asistencia de la misma.



Figura 28. Capacitación del personal sobre buenas prácticas agrícolas



Figura 29. Personal firmando asistencia en capacitaciones

TASA		CAPACITACIONES			Código: RA CP 07
Fecha de vigencia:					Página: 5
Elaborado por: Ing. Alejandra Aguiar	Revisado por: Augusto Estrada	Aprobado por: Ing. Emilio Sosa	Version: 3	Fecha: Sept. 2013-2014	
Nombre de la finca:	Cruz Chagarral			Código:	0200-0600
Ubicación de la finca:	Zapopan, Chamaquero				
Fecha de Capacitación:	Zalcañas			Duración:	1 hora
Expositor:	Adrián Manzanilla		Responsable:	Alejandra Aguiar	
Tema:	Buenas prácticas Agrícolas y el medio Ambiente				
Impartido a:	Todo el personal				
Objetivo:	Conocer las prácticas a implementar en finca y cuidar el medio Ambiente				

Código	Nombre de la persona	Puesto/Actividad	Firma/ Huella
	Emanuel del Peréz		[Firma]
	Lancy usiel Riquelme Pérez		[Firma]
	Jorge marroquin		[Firma]
	Miguel AFrades M. P. Rivas		[Firma]
	Oscar Xiquin		[Firma]
	Yadi Sosa		
	Verónica Paz		
	Cristina del Socorro Xiquin		
	Maria Elena Piz Aguari		
	Maria Magdalena Carrizosa		[Firma]
	Karla Dorella B.P.		[Firma]
	Sonia Marcel Coc Siran		
	Karla Maitea Maytal		
	Jesse Simon del Peréz		
	José Zúñiga de Solís		
	Claudia Dalila Zúñiga		[Firma]
	Evelyn Janett Orellana		
	Erica Marroquin		
	Walter Antonio Pérez Sosa		

Figura 30. Listado de asistencia en las capacitaciones

### 3.5 INSPECCIÓN DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA EN CAMPO Y APLICACIONES DE PESTICIDAS EN CAMPO

#### 3.5.1 INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante en la presentación en el producto de consumo final es buena presentación, lo cual se busca en la empresa mediante un de un control de calidad, lo cual se acompaña con las aplicaciones adecuadas de los pesticidas.

La inocuidad de los alimentos se determina con el cuidado a contaminantes, como lo son químicos, orgánicos y físicos. Motivo por el cual se deben realizar bajo el uso de buenas prácticas agrícolas (Jiménez & Gonzales, 1999).

Es de suma importancia obtener una materia prima de buena calidad para poder tener estándares altos de exportación. La inspección del control de calidad en la materia prima se realizó durante las épocas de cosecha, según la planificación de siembras en todo el año, al igual que las aplicaciones de pesticidas, desde el inicio de ciclo de cultivo hasta dos semanas antes del final de cosecha.

En cada semana se realizaron diferentes monitoreos en las áreas de cultivo, para llevar una aplicación cuando esta fuera necesaria y no sobre dosificar el cultivo con pesticidas que puedan tener alta residualidad en la planta.

## 3.6 OBJETIVOS

### 3.6.1 Objetivo General

Obtener buena materia prima y realización de aplicaciones de pesticidas en campo

### 3.6.2 Objetivos específicos

- Obtener materia prima libre de daño por insectos, plagas y por transporte en campo
- Realizar aplicaciones cuando sean necesarias y evitar sobre dosificar el cultivo
- Obtener un mejor control en aplicaciones de pesticidas en las diferentes áreas de cultivo

### 3.6.3 METODOLOGÍA

La inspección de la calidad de la materia prima se realizó en:

1. Realizar semanalmente monitoreos en las en las diferentes áreas de cultivo.
2. En los recipientes utilizados para la cosecha.

La inspección de aplicaciones de pesticidas en campo

1. Cada semana se monitoreaban cada área para controlar el desarrollo.
2. Al tener el umbral requerido de insectos y área afectada por enfermedad se autorizaban las aplicaciones.
3. Registros semanales de cada producto aplicado.

### 3.6.4 RECURSOS

- Estudiante de EPS asignado a la inspección de calidad de la materia prima.
- Registros fitosanitarios.

### 3.6.5 RESULTADOS OBTENIDOS

La inspección se realizó diariamente durante la época de cosecha, eliminando la materia prima con problemas identificados como: enfermedades, daño por insecto, tamaño sobre maduro. En la figura 31 se observa la calidad que debe presentar la materia prima antes del despunte.



Figura 31. Calidad de materia prima en cajas

Las características que definen la calidad de la materia prima constan de una coloración verde claro, con una longitud de 7 a 8 cm. El producto no debe de presentar signos de maduración, una vaina limpia de manchas o pústulas de enfermedades o insectos.

La materia prima no cumple con los estándares de calidad cuando se presenta en un estado sobre maduro, presenta deformación, deshidratación, con enfermedad o ataque de insecto, como se puede observar la figura 32.





Figura 32. Producto dañado

### 3.6.6 EVALUACIÓN

Actualmente la empresa tiene un personal más calificado en campo para realizar una mejor inspección y así mismo reducir las pérdidas. A finales de mayo de la temporada 2014 – 2015 la empresa logró la inspección de calidad de materia prima de 2, 208,102 lb de arveja china y arveja dulce.

### 3.7 APOYO EN CERTIFICACIÓN GLOBAL GAP Y LLENADO DE REGISTROS DE TODAS LAS ACTIVIDADES EN CAMPO

#### 3.7.1 INTRODUCCIÓN

Las empresas que exportan hortalizas hacia otros países tienen la obligación de cumplir con normativas en aspectos de producción, en los cuales se necesita la aprobación para seguir exportando sin problema alguno. La certificación global GAP es de gran importancia para exportadoras, debido a que tiene un alto estándar en requerimientos, para tener mejoras constantes y con lo cual se define la calidad final de la materia prima.

El llenado de registros es un trabajo que complementa las certificaciones agrícolas y además se tiene como referencia para un control de las actividades realizadas en campo, con fechas exactas para toma cualquier decisión que se requiera en un momento crítico.

Estas normativas constituyen modelos agrícolas, relacionados con las buenas prácticas agrícolas (BPA) en la cual se le brinda al consumidor la confianza que el producto es de buena calidad y origen, con el eslogan “Su confianza es nuestro mayor logro” se basa un concepto de trazabilidad para las instituciones involucradas en la generación de un mejoramiento constante para las empresas productoras de los cultivos, en la empresa Tierra de Árboles se tiene un proceso de años consecutivos logrando la aprobación de estas normativas y así tener buenos negocios con los clientes (Mieto, 2009).

## 3.8 OBJETIVOS

### 3.8.1 Objetivo general

Ordenar de mejor manera los aspectos productivos en finca y llevar registros actualizados semanalmente

### 3.8.2 Objetivos Específicos

- Obtener un mejor control de actividades agrícolas en campo
- Aprobar la certificación Global GAP, con mejoras en el campo para el buen desarrollo de actividades agrícolas
- Obtener los registros al día con las actividades realizadas y así tener un mejor control sobre toda actividad agrícola

### 3.8.3 METODOLOGÍA

Se realizó la inspección semanalmente para tener limpieza general, cuidado del personal, identificación de áreas, limpieza de uniformes, llenado de registros (fitosanitarios, cosecha, limpieza de uniformes, limpieza general, kardex de productos, riego, capacitaciones, reclamos, entre otros).

Además se realizó instalación de trampas para insectos, manejo de lugares de peligro en la finca, instalación de mejoras en baños, sistemas de riego, capacitaciones al personal de finca y control de calidad a nivel de campo.

### 3.8.4 RECURSOS

- Estudiante de EPS asignado.
- Personal de finca.
- Rótulos.
- Trampas para insectos.
- Tubos pvc, goteros, manguera de poliducto.
- Jabón, papel higiénico.

- Capacitaciones.

### 3.8.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Se inspeccionó la finca en general para tener cada detalle en orden y así se logró la aprobación de la certificación Global GAP, en la figura 33 se muestra un registro fitosanitario en campo.

TADSA										Fecha: 04/07/20		
APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS										Página: 1		
Elaborado por: Ing. Alejandra Aguirre			Emitido por: Augusto Estrada		Aprobado por: Ing. Emilio Say		Versión: 3		Fecha: Enero 2019-2020			
Nombre de la finca: CUP Chiriquinal			Cultivo: café dulce		Código de finca: 0300-0600							
Ubicación de la finca: Zona de Chiriquinal			Varietal: S-2/23		Cosecha: Enero 2019							
Área de aplicación: Cafetal 1			Fecha de siembra: 14/05/15		Fecha de cosecha: 20/01/2015							
Responsable del Registro: Adrián Manríquez			Registro de aplicación:									
Fecha	Intervalo o cosecha (días)	Aplicaciones de la aplicación (Número cosecha de la zona, materia o enfermedad)	Producto aplicado (Nombre y concentración)	Ingredientes activos	Peso de ingrediente a campo (kg)	Peso de ingrediente del producto (Cosecha/día)	Concentración por ingrediente	No. de aplicaciones efectuadas	Volumen total aplicado en g/l	Encargado de la aplicación	Tiempo del superior	Otros datos
15/01/15	37	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	7	60	12	600	Fernando		
15/01/15	37	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	7	60	12	600	Fernando		
15/01/15	37	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	12	100	Fernando		
15/01/15	38	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	7	60	12	600	Fernando		
15/01/15	38	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	12	100	Fernando		
15/01/15	22	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	14	66.67	8	635	Fernando		
15/01/15	22	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	155	Fernando		
15/01/15	15	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	635	Fernando		
15/01/15	15	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	14	66.67	8	600	Fernando		
15/01/15	15	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	150	Fernando		
15/01/15	7	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	635	Fernando		
15/01/15	7	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	14	66.67	8	600	Fernando		
15/01/15	7	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	150	Fernando		
15/01/15	0	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	7	60	8	765	Fernando		
15/01/15	0	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	600	Fernando		
15/01/15	0	Phyton, fungicida	Phyton 200	Phyton	1	7	60	8	50	Fernando		
15/01/15	0	Fertilizante	Phyton	NPK, micron	1	1	93.33	8	600	Fernando		

Figura 33. Registro fitosanitario de aplicaciones de fungicidas

En las figuras 34, 35, 36 y 37 se muestran fotos de áreas ordenadas y listas para la certificación Global GAP.



Figura 34. Bodega ordenada



Figura 35. Equipo de aplicación



Figura 36. Uniformes del personal para aplicaciones de pesticidas



Figura 37. Sistemas de riego en finca

### 3.8.6 EVALUACIÓN

Al finalizar la certificación Global GAP se obtuvo la aprobación teniendo únicamente dos faltas leves y la finca se quedó de una mejor manera con la higiene, los registros en orden junto a una buena producción de los cultivos.

En la actualidad la empresa se enfoca en tener mayores actualizaciones en cuanto a las certificaciones desde el ámbito de preparación para el personal de campo, mejoras en las instalaciones para mejorar la calidad de vida de los trabajadores junto a mejores rendimientos y menor rechazo de producto en la exportación.

### 3.8.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calvo Bruzos, S. (1992). *Educación para la salud en la escuela*. Obtenido de Google Book:  
<https://books.google.com.gt/books?id=X6BNLw8P680C&printsec=frontcover&dq=Educaci%C3%B3n+para+la+salud+en+la+escuela,+D%C3%ADaz+de+Santos.&hl=es-419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIsdPtmKTmxwIVhKoeCh3UAQ77#v=onepage&q=Educaci%C3%B3n%20para%20la%20salud%20en%20la>
2. INCAP. (2006). *Buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de Instituto de Nutrición de Centro America y Panamá:  
[http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc\\_view/419-ficha-tecnologica-1-bpa](http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc_view/419-ficha-tecnologica-1-bpa)
3. Jiménez, S. M., & Gonzales, R. (1999). *Lavado de manos, un punto crítico en la seguridad alimentaria*. Obtenido de Google Book:  
<https://books.google.com.gt/books?id=PC1vRbvLdbQC&pg=PP4&dq=Lavado+de+Manos,+Universidad+Nac.+del+Litoral.&hl=es-419&sa=X&ved=0CCUQ6AEwAGoVChMI3eTyvaLmxwIVgW0eCh0WwAsG#v=onepage&q=Lavado%20de%20Manos%2C%20Universidad%20Nac.%20del%20Litoral.&f=false>
4. Mieto, F. (Diciembre de 2009). *Las buenas prácticas agrícolas y global GAP*. Obtenido de Asociación Cultivadores de Arroz:  
[http://www.aca.com.uy/\\_oldsite/revista/Revista%2060/ARROZ%2060/Revista%20en%20pdf/Las%20buenas%20practicas%20agricolas%20y%20GLOBALGAP.pdf](http://www.aca.com.uy/_oldsite/revista/Revista%2060/ARROZ%2060/Revista%20en%20pdf/Las%20buenas%20practicas%20agricolas%20y%20GLOBALGAP.pdf)
5. UNICEF. (2010). *Cuadernillo de medio ambiente para comunidades indígenas*. Obtenido de El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia:  
<http://www.unicef.org/argentina/spanish/manual-medioambiente-def2.pdf>