

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

REALIZADO EN GRUPO HORTÍCOLA DE EXPORTACIÓN S.A.

(GHORTEX S.A.) SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ, MANEJO DE CULTIVO DE

ARVEJA CHINA (*Pisum sativum*L).

LUIS JAVIER SANTOS PÉREZ

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
REALIZADO EN GRUPO HORTICOLA DE EXPORTACIÓN S.A.
(GHORTEX S.A.) SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ, MANEJO DE CULTIVO DE
ARVEJA CHINA (*Pisum sativum*L).

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

POR
LUIS JAVIER SANTOS PÉREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO.

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNIFICO

Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz Lopez
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Oscar Rene Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Bachiller Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	Per. Agr. Josue Antonio Martinez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverria Escobedo

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

Guatemala, agosto de 2011

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 titulado:

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN GRUPO HORTICOLA DE EXPORTACIÓN S.A. (GHORTEX S.A.) SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ, MANEJO DE CULTIVO DE ARVEJA CHINA (*Pisum sativum*L).

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Luis Javier Santos Pérez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Todo poderoso, que fue mi alto refugio, mi escudo y mi fuerza, en el que deposite mi Fe y no me dejo, y proveyó en todo, que me guió, me guía y guiara por el camino. Muchas gracias Señor.

MADRE

Mélida Pérez Santos, por su apoyo incondicional, que me fortaleció, acompañó por todo este camino, sufriendo y disfrutando cada victoria obtenida. Muchas gracias Madre.

HERMANOS

A mis hermanos (Juan y Lis) que me apoyaron siempre, en los momentos que se necesitaban allí estaban, apoyándome y trabajando para lograr alcanzar este momento, convirtiendo una meta personal en el objetivo de todos en la familia. Muchas Gracias a mis Hermanos. Dedicación especial a Shell por su gran apoyo, te veremos.

MIS AMIGOS

Extraños que se volvieron compañeros, mis camaradas, casi hermanos, Mis Amigos; a los que quiero y respeto, con los que compartí un arduo camino. Muchas gracias a todos Mis Amigos.

MIS CATEDRATICOS

Que comparten el conocimiento y la experiencia a las nuevas generaciones, y tuve la fortuna de tener a los mejores catedráticos que podía tener mi generación. Muchas gracias.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

País de la eterna primavera, al que le debo mi máximo esfuerzo, trabajo duro y horrado para verlo entre los grandes.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Alma mater que forma profesionales, que abrió sus puertas para lograr un sueño, una meta, permitirme ser un profesional orgulloso de ser egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Inmortal, combativa Universidad de San Carlos de Guatemala trescientos años de Historia.

ESCUELA NORMAL CENTRAL PARA VARONES

Gloriosa y centenaria Escuela Normal Central para Varones, que brote libre y radiante la idea, que la ciencia combata el error... grande, fuerte y fecunda levante, levante esta escuela su nombre inmortal y que siempre nuestra alma le cante, le cante un osana a la Escuela NORMAL.

GHORTEX S.A.

Por el apoyo brindado durante el tiempo del EPS y aun fuera de el, proveyendo del lugar para completar la transformación mi persona en el tramo final de este arduo camino. A todos mis amigos de esta gran empresa gracias.

CONTENIDO

Titulo	Pagina
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
CAPITULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.3 OBJETIVOS	6
1.1.7 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.1.8 ESPECÍFICOS	6
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.5 RESULTADOS	7
1.6 PORCENTAJES DE PRODUCTO RECHAZADO DE ARVEJA CHINA VARIEDADES ATITLÁN 902 Y SUGAR DADDY, PARA LAS FINCA GEMELAS Y EL CONDOR.	13
1.7 CONCLUSIONES	18
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	19
CAPITULO II	20
2.1 RESUMEN	21
2.2 INTRODUCCIÓN	23
2.3 DEFINICION DEL PROBLEMA	25
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	26
2.5 MARCO TEORÍCO.....	27
2.1.1 Aspectos generales del cultivo de arveja china	27
2.6 EL PATÓGENO (<i>Fusarium axysporium</i>).....	30
2.7 RESISTENCIA DE LAS PLANTAS A LOS PATÓGENOS.....	33
2.8 INDUCCIÓN DE RESISTENCIA.....	35
2.9 CALCIO (Ca).....	39
2.10 POTASIO (K).....	41
2.11 MARCO REFERENCIAL.....	43
2.12 OBJETIVOS	45
2.13 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL	46
2.14 METODOLOGÍA.....	47

2.1.13	Identificación de los patógenos presentes en el campo	47
2.1.14	Material experimental.....	47
2.1.15	Características de la variedad atilán 902	47
2.1.16	Desinfestación del suelo.....	48
2.1.17	Fuentes de fertilizantes utilizados.....	48
2.1.18	Formulación de medio de cultivo.....	49
2.1.19	Preparación del inóculo.....	50
2.1.20	Inoculación	52
2.15	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	52
2.1.21	TRATAMIENTO TESTIGO ABSOLUTO (<i>T0</i>).....	52
2.1.22	TRATAMIENTO FERTILIZACIÓN NORMAL (<i>TN</i>)	52
2.1.23	TRATAMIENTO AUMENTO De potasio (<i>TK</i>).....	53
2.1.24	TRATAMIENTO AUMENTO DE CALCIO (<i>TCa</i>).....	53
2.1.25	TRATAMIENTO AUMENTO DE CALCIO Ypotasio (<i>TCa-TK</i>).....	54
2.16	DISEÑO EXPERIMENTAL	55
2.1.26	Descripción del experimento	55
2.1.27	Modelo estadístico.....	55
2.17	VARIABLES EVALUADAS.....	56
2.1.28	Incidencia	56
2.1.29	Altura de las plantas.....	57
2.1.30	% Calcio y/opotasio contenido en las plantas.....	57
2.18	MANEJO AGRONÓMICO.....	57
2.1.31	Suelo.....	57
2.1.32	Manejo plagas	58
2.1.33	Fertilización	58
2.19	RESULTADOS Y DISCUSION.....	59
2.1.34	INCIDENCIA DE <i>Fusarium Axysporium f. sp. pisi</i>	59
2.1.35	ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LA EPIDEMIA DE <i>Fusarium oxispourum f. sp. pisi</i> .63	
2.1.36	TASA DE CRECIMIENTO DE <i>Fusarium axysporium f. sp. pisi</i> POR TRATAMIENTO	66
2.1.37	ALTURA DE PLANTAS.....	67
2.1.38	PORCENTAJE De potasio Y CALCIO CONTENIDO EN LAS PLANTAS	69

2.20	CONCLUSIONES	75
2.21	RECOMENDACIONES	76
2.22	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	ANEXO	80
	CAPITULO III	90
3.1	PRESENTACIÓN.....	91
3.2	ORDENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO EN LAS FINCAS: “LAS GEMELAS” Y “EL CÓNDOR” EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA.....	92
3.1.1	OBJETIVOS	92
3.1.2	METODOLOGÍA.....	92
3.1.3	RESULTADOS	95
3.1.4	Determinación de la ETp max.	98
3.1.5	Evaluación	101
3.3	EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS: MEZCLA DE SPINOSAD MÁS UN REPELENTE Y METIOCARB, PARA EL MANEJO DE TRIPS (<i>FRANKLINIELLA SP.</i>) EN LAS FINCAS “EL CÓNDOR” Y “LAS GEMELAS”, ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	102
3.1.6	Objetivos	102
3.1.7	METODOLOGÍA.....	103
3.1.8	Resultados	104
3.1.9	Evaluación	108
3.4	EVALUACIÓN DE TRES COMBINACIONES DE FUNGICIDAS BAJO EVALUACIÓN EPIDEMIOLÓGICO EN EL AVANCE TEMPORAL DE LA MARCHITEZ DE LA ARVEJA CAUSADA POR <i>Fusarium axysporium f. sp. pisi</i> EN FINCA SAN ANDRÉS, SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO.....	109
3.1.10	Objetivos	109
3.1.11	Marco teórico.....	109
3.1.12	Metodología	115
3.1.13	Variable a evaluar.....	116
3.1.14	Tratamientos	116
3.1.15	Resultados	117
3.1.16	Evaluación	122
3.5	Evaluación de Fertilizante Foliar (Multifeed) para ejote francés (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) en finca San Andrés, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	123

3.1.17	Objetivos	123
3.1.18	Metodología	123
3.1.19	Resultados	125
3.1.20	Evaluación	128
3.6	Conclusiones.....	130
3.7	Recomendaciones	131
3.8	Bibliografía	132

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1	Enfermedades y patógenos que afectan a las plantaciones de Arveja China (<i>P. sativum L.</i>).....10
2	Ordenamiento y Priorización de la problemáticas en las fincas.....17
3	Hongos que afectan al cultivo de arveja (<i>Pisum sativum L.</i>). reportados a nivel general en los lugares donde se cultiva.....28
4	Bacterias que afectan al cultivo de arveja (<i>Pisum sativum L.</i>). reportados a nivel general en los lugares donde se cultiva.....29
5	Arreglo de la distribución espacial de los tratamientos en el campo, colocando de derecha a izquierda las columnas identificadas de 1 a 5 y en el lado izquierdo los reglones identificados de "A" a "B". (20, 25, 24).....54
6	Incidencia de la marchites causada por <i>Fusarium axysporiumf. sp.pisi</i> en plantas de arveja China en el arreglo experimental.60
7	Porcentaje de Incidencia de la marchites causada por <i>Fusarium axysporiumf. sp.pisi</i> en plantas de arveja China en el arreglo experimental.61
8	ANDEVA para el porcentaje de incidencia total de <i>Fusarium axysporiumf. sp.. Pisi</i> bajo la evaluación de 5 tratamientos.....61
9	Incidencia acumula por cada tratamiento.....62
10	Porcentajes acumulados de la incidencia de fusarium por cada muestreo.....64
11	Área bajo la curva y modelos de regresión de las curvas de la dinámica de infección.....65
12	QR (índice de crecimiento de la epidemia) y porcentajes de infección diaria.....66
13	Promedios de altura de plantas en centímetros de los tratamientos.....68
14	Análisis de varianza de la variable altura de las plantas bajo los 5 tratamientos.....68
15	Análisis foliar del % de N, P, K, Ca y Mg en las plantas de cada tratamiento70
16	Relación porcentaje de elementos versus altura70
17A	Tratamiento Testigo absoluto (T0)80
18A	TRATAMIENTO TESTIGO 2 (TN) DOSIS APLICADA POR LA EMPRESA81
19A	TRATAMIENTO AUMENTO DE LA DOSIS DE CALCIO (T CA)82
20A	Tramiento Aumento de la dosis de potasio (T K).....83
21A	Tramiento Aumento de Calcio yPotasio (T Ca y K)84
22A	Agar Papa Dextrosa (PDA).....85
23A	Medio de cultivo Kerr85
24A	Resultados del Análisis Químico del suelo88
25A	Resultados del Análisis Foliar de las plantas de cada tratamiento88
26A	Diagnóstico de patógenos presentes en plantas de arveja china89
27	Evaporación promedio mensual en mm de 1993 a 2003, Estación Alameda.....98
28	ETp Media mensual en mm de 1993 a 2003.....99
29	Tabla de operaciones de riegos para finca "Las Gemelas".....101
30	Promedios de trips por flor en el conteo inicial comparado con el segundo conteo después de aplicado los tratamientos finca "El Cóndor".105

31 Prueba T de Trips por flor para los tratamientos aplicados, Finca “Las Gemelas” .	106
32 Promedios de trips por flor en el conteo inicial comparado con el segundo conteo después de aplicado los tratamientos finca “Las Gemelas”	106
33 ANDEVA de Trips por flor para el conteo inicial y los tratamientos aplicados, Finca “El condor”.	107
34 Porcentajes acumulados de la incidencia por cada tratamiento.	117
35 Porcentaje de incidencia total por cada tratamiento.	118
36 ANDEVA para porcentaje acumulado de la incidencia por tratamiento.	119
37 Test TUKEY para porcentaje acumulado de la incidencia por tratamiento.	119
38 Porcentaje de infección por cada 100 plantas.	121
39 Composición química del fertilizante foliar Multifeed.	123
40 Fechas de aplicaciones y periodo de días antes de cosecha (Dac) y días después de siembra (dds).	124
41 Registros de las libras cortadas por cada parcela.	125
42. Fechas de cortes y libras producidas en cada corte.	125
43 Fechas de corte y libras producidas en las parcelas experimentales.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Mapa de Ubicación del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.	3
2 Comportamiento de los porcentajes (%) de rechazo total en las fincas “El Cónдор” y “Las Gemelas” de arveja china (<i>Pisum sativum</i> L. var. <i>atitlán 902</i>) producida.	13
3 Comparación de los porcentajes promedio de rechazo total por finca de arveja china (<i>Pisum sativum</i> L. var. <i>atitlán 902</i>).	14
4 Comportamiento de los porcentajes de rechazo en las fincas “El Cónдор” y “Las Gemelas” de arveja Dulce producida.	15
5 Comparación del porcentaje promedio de rechazo por finca de arveja Dulce.	15
6 Comportamiento de los tipos de rechazo para la época seca.	16
7 Comportamiento de los tipos de rechazo para la época seca.	17
8 Arreglo de las cuatro macetas por reglón y columna por cada uno de los tratamientos.	54
9 Comparación del porcentaje de infección acumulada de cada tratamiento.	62
10 Curvas de la dinámica de infección dentro de la población.	64
11 Comparación del promedio de la altura de las plantas por cada tratamiento.	69
12 Comparación de los elementos contenidos por cada tratamiento.	71
13 Relación potasio (K) total frente a las variables evaluadas.	72
14 Relación Calcio (Ca) total frente a las variables evaluadas.	73
15A Cultivo de <i>Fusarium axysporium</i> f. sp.. Pisi en medio de cultivo Agar.	85
16A Cultivo de <i>Fusarium axysporium</i> f. sp.. Pisi en medio de cultivo Agar.	85
17A Cultivo de <i>Fusarium axysporium</i> f. sp.. Pisi en medio de cultivo Agar.	85
18A Conidias de <i>Fusarium axysporium</i> f. sp.. Pisi en el microscopio.	86
19A Cultivo de extracción de las conidias Medio Kerr.	86
20A siembra de la variedad Atitlán 902.	87
21A Emerger de las plántulas. 8722A Cultivo de arveja china.	87
23A Inoculación en las macetas.	87
24A Cultivo en fase adulta Figura.	87
25A Muerte por fusariosis. 8726 Mapa sistema de riego de la finca las Gemelas.	96
27 Mapa del sistema de riego finca El Cónдор.	97
28 Comportamiento de la ETP mensual a lo largo del año, mediante el método de tanque, datos de 1993 a 2003, INSIVHUME.	100
29 Comparación del promedio de trips/flor obtenido en el conteo inicial frente a los conteos posteriores en las mismas parcelas bajo los dos tratamientos, finca “El Cónдор”.	105
30 Comparación del promedio de trips/flor obtenido en el conteo inicial frente a los conteos posteriores en las mismas parcelas bajo los dos tratamientos, finca “Las Gemelas”.	107
31 Porcentajes de incidencia para cada tratamiento.	119
32 Comportamiento de la epidemia en el ciclo del cultivo.	120
33 Comparación de los porcentajes de infección por día en cada tratamiento.	122

34 Producción del tratamiento versus el testigo.....	126
35 Comparación de la producción total de las parcelas experimentales.	126
36 Producción del tratamiento versus el testigo.....	127
37 Comparación de la producción total de las parcelas experimentales.	128

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la empresa Grupo Hortícola de Exportación (GHORTEX S.A.), con la finalidad de desarrollar mejoras técnicas en el cultivo de la Arveja China (*Pisum sativum L.*) e incrementar los rendimientos obtenidos.

Para lograr esta finalidad se procedió a la elaboración del diagnóstico de dos fincas productoras de Arveja (*P. sativum L.*) ubicadas en el municipio de Zaragoza, Chimaltenango; el diagnóstico se basó en información recopilada directamente en el campo, así como de información que muestra los porcentajes de rechazo más comunes en la planta empacadora. Esto permitió la priorización de los problemas y debilidades en los campos de cultivo, mostrando que el porcentaje de rechazo en la planta empacadora posee un promedio del 45% de la producción total para la variedad *sugar daddy* y un promedio de 36% para la variedad *Atitlan 902*, siendo los daños causados por las enfermedades fúngicas para la época lluviosa y plagas insectiles para la época seca, los mayores factores para el rechazo dentro de la planta empacadora, estando entre estas: la mancha negra (*Ascochyta pisi*), la mancha café (*Botrytis sp.*), la mancha verde (*Frankliniella sp.*), daño mecánico, tamaño y forma de fruto y el punto de maduración. Sin embargo el aspecto más relevante fue las pérdidas causadas por *Fusarium axysporiumf. sp.pisi* en los cultivos, ya que se reporta pérdidas del 60% al 90% de los campos de cultivo, haciendo que los rendimientos sean de 454 Kg a 636 Kg de producto por hectárea, cuando en ausencia de la enfermedad se produce 1363 Kg/ha. Además se detectó debilidades en aspectos técnicos del manejo de la plantación, especialmente en el área de riego y fertilización.

La complejidad del patosistema arveja china (*P. sativum L.*) / *Fusarium axysporiumf. sp.pisi* y los daños causados en los cultivos promovió la evaluación del efecto de potasio y Calcio sobre la incidencia del patógeno sobre su huésped en Sumpango, Sacatepéquez.

El estudio se realizó con un modelo estadístico completamente al azar para observar la inferencia estadística en el porcentaje de incidencia de la enfermedad. Se realizó el análisis epidemiológico de la evolución de la epidemia en lo que respecta al tasa de infección diaria en el tiempo de las diferentes etapas del cultivo, los resultados obtenidos

muestran que la aplicación de potasio y Calcio no posee ninguna inferencia estadística significada en los cinco diferentes tratamientos, al término de la evaluación; sin embargo el análisis epidemiológico de la dinámica poblacional de la enfermedad conocida como “marchitez de la arveja”, muestra que la aplicación de potasio reduce la velocidad de infección diaria de las plantas, disminuyendo de 20 infecciones diarias a 11 infecciones diarias, lo que significa una reducción del 45% de infecciones por cada día en comparación si no se aplicara potasio, se muestra que la aplicación de Calcio no posee efecto epidemiológico en la población. El análisis permite observar el comportamiento de la enfermedad durante el ciclo del cultivo y determinar el momento en el cual la enfermedad se dispara dentro de la población. La investigación se realizó con el propósito de identificar si las aplicaciones de dichos elementos poseen un efecto significativo en la incidencia y/o en la tasa crecimiento de la incidencia de la enfermedad sobre el cultivo.

Finalmente se realizaron una serie de evaluaciones y la construcción del plan de riego para las fincas diagnosticadas con el propósito de fortalecer los procesos de cultivo y mejorar los rendimientos dentro de la empresa, a estas evaluaciones se les denomina servicios.

El trabajo contribuye con el avance en la industria de la arveja china (*P. sativum L*) en aspectos de relevancia para la misma, obteniendo información que provee de respuestas a los problemas detectados, haciendo y contribuyendo a mejorar la competitividad de la empresa.

El trabajo se inició el mes de agosto de 2009 finalizando en mayo de 2010.

CAPITULO I

**DIAGNÓSTICO AGRONÓMICO DE LAS FINCAS PRODUCTORAS
DE ARVEJA CHINA (*Pisum sativum L.*)
PARA EL MANEJO DEL CULTIVO EN LA EMPRESA GRUPO HORTÍCOLA DE
EXPORTACIÓN (GHORTEX S.A.), SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ.**

1.1 PRESENTACIÓN

La búsqueda de cultivos para diversificar la producción nacional, evaluó una gama de cultivos denominados “no tradicionales”, de los cuales algunos tuvieron éxito en su implementación, uno de estos casos lo constituyó y lo constituye la arveja china (*Pisum sativum L*); cultivo que fue adoptado en el altiplano central del país (Sacatepéquez, Chimaltenango, Totonicapán).

El cultivo de Arveja China en Guatemala ha adquirido importancia en las exportaciones como un cultivo no tradicional ya que para Estados Unidos se exporta el 85% de la producción el 12% para Holanda y Reino Unido, y el 3% al resto del mundo.

Debido a que las fincas productoras tienen 4 años de estar produciendo, se han creado metodologías basadas en la experiencia de los agricultores, mostrando grandes fortalezas para la producción, sin embargo la creciente demanda del producto hace que se requiera de mejorar el sistema productivo.

El siguiente informe se realizó con el propósito de fortalecer técnicamente elementos que forman parte de un sistema ya establecido, como lo es el cultivo de la arveja china (*P. sativum L*). Contemplando el manejo óptimo de los recursos en el manejo agronómico que se le proporciona al sistema en el proceso productivo.

Se hizo un diagnóstico en base de los resultados obtenidos en planta con respecto al porcentaje de rechazo, producto que no posee la calidad para su empaque y comercialización, observando y entrevistando a los productores extrayendo información de manera sistemática, marcando puntos en el proceso productivo que necesitaban ser afrontados de mejor manera.

Por la importancia que posee el cultivo en el país para la economía de las comunidades el mejorar la técnica en la producción indica un rumbo en la mejora de los ingresos así como la sostenibilidad del cultivo de la arveja china (*P. sativum L*).

1.2 **MARCO REFERENCIAL**

Descripción del municipio de Zaragoza, departamento de Chimaltenango, Guatemala.

Ubicación

La figura 1 muestra al municipio de Zaragoza, el se ubica en el centro del departamento de Chimaltenango. Se localiza en una latitud Norte $17^{\circ} 39' 00''$ y una longitud Oeste de $90^{\circ} 53' 26''$ a una altura de 1849 metros sobre el nivel del mar. El municipio de Zaragoza cuenta con una extensión territorial de 56 Km^2 , dista de la cabecera departamental 13 Km y de la ciudad capital 64 Km el casco urbano cuenta con una extensión aproximada de 1.5 Km^2 .

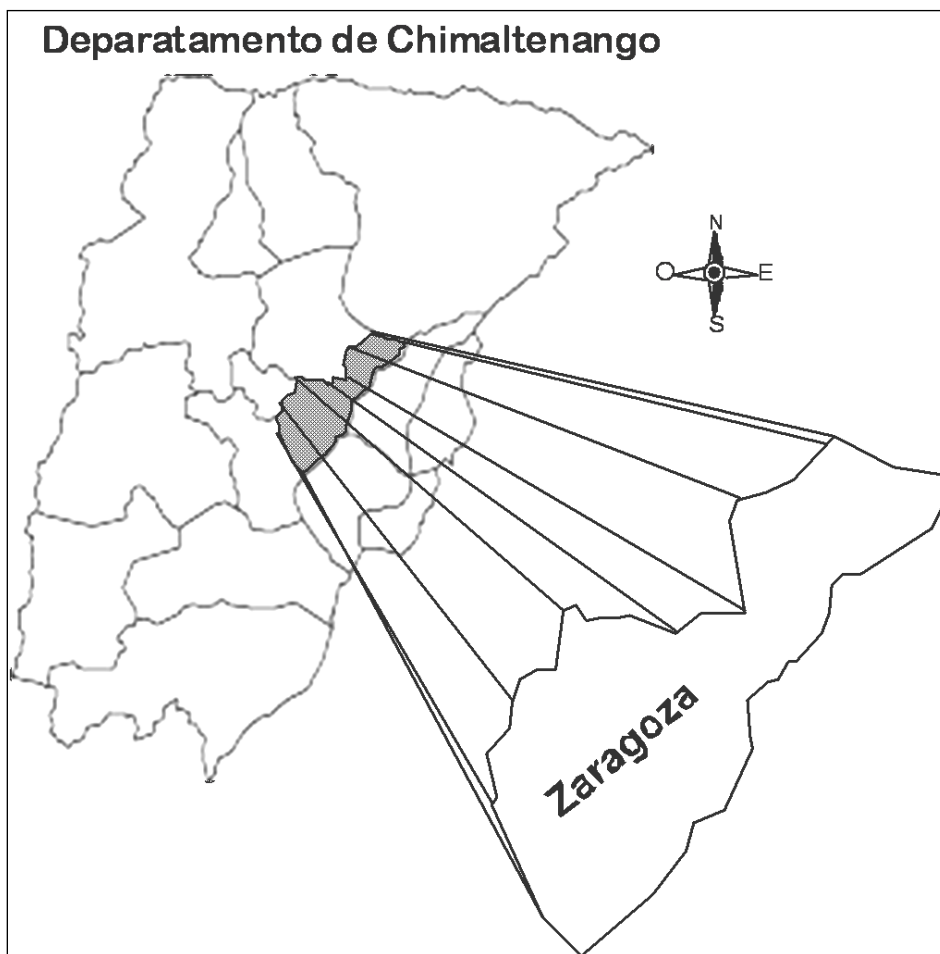


Figura 1 Mapa de Ubicación del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala.

1.1.1 Geografía

El municipio colinda al Norte con Santa Cruz Balanyá y Comalapa, al Sur con San Andrés Itzapa, al Este con Chimaltenango y al Oeste con Santa Cruz Balanyá y Patzicía. Su topografía es accidentada, con cerros, barrancos y planicies. Su elevación más importante es la montaña “El Soco”. La cabecera municipal se ubica en la planicie más extensa.

1.1.2 Clima

Su clima es templado y frío, en diciembre, enero y febrero, marcándose dos época en el año: la época lluviosa y la época seca. La temperatura media oscila entre los 15 y 20°C. La temperatura máxima oscila entre 26 y 29°C. La temperatura mínima oscila entre 7 y 14°C. Las lluvias promedios anuales son de 1,300 mm. El promedio de la velocidad del viento es de 13,5 Km/h entre enero y junio, y de 25 Km/h entre junio y diciembre. El promedio de exposición solar es de 6.6 hrs. diarias. El promedio de enero a marzo 7.5 hrs., y en época lluviosa, de 4 horas diarias.

1.1.3 Zona de Vida

BOSQUE HUMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL: Se representa por el símbolo bh - MB. La vegetación natural que es típica de parte central del altiplano, que se representa por árboles de *Quercus Sp*, asociados generalmene con *PinusPseudostrobus* y *Pinus Montezumae*, Pino Ocote (*P. oocarpa*), Pino Candelillo (*P. maximinoi*), encontrandose tambien *Alnus Jorellensis*, *Ostrya Sp*, *Carpinus Sp*, *Pronus Capulí*, Encino (*Quercus aata*, *Q. pacayana*), Cipres (*Cupressus lisitanica*), Madron (*Arbus xacapensis*), llamo (*Agnus acuminata*) y arbustos. Siendo el 87.75% del total del territorio de Chimaltenango, siendo este una cantidad de 4,307.57 hectáreas las que ocupa dicha zona de vida.

1.1.4 Hidrografía

Está regado por los ríos Las Áreas, Balanyá, Blanco, Chicoy, Los Chilares, Coloyá, Las Nieves, Pachoj, Palocón, Pixcavá, Sacsiguan, San Francisco, El Sitán, El Tránsito y de la Virgen.

1.1.5 Fauna

Dentro de su fauna se encuentran: conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*), tacuazin ó sariguella (*Didelphys marsupialis tabascensis*), gato de monte, taltuza (*Geomys hispidus*), armadillo (*Dasipus novencicictus fenestratus*), comadreja (*Mustela nivalis*) y algunas especies de reptiles.

1.1.6 Perfil económico

Sus habitantes se dedican esencialmente a la agricultura. El eje principal de la economía es la siembra de hortalizas, fresa, mora, claveles y rosas para la exportación. Los productos de mayor cultivo son maíz, frijol y haba. También puede mencionarse el cultivo de hortalizas, tales como brócoli, repollo, coliflor, cebollín, papa y arveja china. Existen también artesanos que se dedican a la elaboración de sombreros de palma, vainas para machetes, cinchos, monturas y otros artículos de cuero.

1.3 **OBJETIVOS**

1.1.7 **OBJETIVO GENERAL**

Identificar las relaciones de los diferentes factores involucrados en la producción de la arveja china (*Pisum sativum*L) y su efecto en el producto final, en las fincas de la empresa GHORTEX S.A. en Zaragoza, Chimaltenango.

1.1.8 **ESPECÍFICOS**

1. Identificar los procesos desarrollados para la producción de arveja china (*Pisum sativum L*) en las fincas de la empresa GHORTEX S.A.
2. Identificar los protocolos para la realización de cada actividad propia del proceso de producción de arveja china (*Pisum sativum L*) en las fincas de la empresa GHORTEX S.A.
3. Identificar los factores que inciden en la producción y provocar el producto de rechazo de la arveja china (*Pisum sativum L*) en las fincas de la empresa GHORTEX S.A.

1.4 **METODOLOGÍA**

Delimitación del área de trabajo

La empresa GHORTEX S.A. posee fincas productoras de arveja china para su exportación; dos de estas se han establecido en Zaragoza, Chimaltenango. Las fincas se nombran como “Las Gemelas” y “El Cóndor”; ambas fincas poseen una estructura similar siendo la siguiente:

- a. Ingeniero Agrónomo
- b. Jefe de Finca
- c. Capataz
- d. Trabajadores de campo

Para realizar el diagnóstico se utilizó métodos directos e indirectos, entre los directos se utilizó la entrevista, en base a un cuestionario previamente estructurado, siendo entrevistados varios miembros de las fincas, así como a agricultores que producen para la empresa; mediante los métodos indirectos se realizó recopiló datos de informes de que detallan el producto de rechazo en la planta empacadora.

1.5 **RESULTADOS**

Se describe la información obtenida mediante las entrevistas y la recopilación de fuentes secundarias. Los entrevistados fue un total de 20 personas, entre Ingenieros Agrónomos, jefes de finca y agricultores relacionados con la empresa.

1.1.9 Factores técnicos

1.1.9.1 Riego y fertilización

La fertilización se realiza mediante sistema de fertirriego, de construcción práctica y sencilla, éste está compuesto por recipientes, en donde se realiza la mezcla de los fertilizantes, estos recipientes están conectados por medio de una manguera a la tubería

de succión, incorporando los fertilizantes al agua circulante en el sistema de riego, el cual es por goteo.

El sistema de inyección de los fertilizantes al sistema de riego se torna ineficiente a la hora de agregar cantidades que sobrepasen la capacidad de solubilidad en el volumen de agua contenida por los recipientes, la falta de dispositivos que filtren los residuos de fertilizantes no disueltos y evitar que ingresen al sistema, crea problemas en la uniformidad del riego debido a los taponamientos en los goteros.

La carencia de personal capacitado para realizar las operaciones de riego y fertilización bajo el sistema de fertirriego dificulta la incorporación de los fertilizantes al sistema de riego.

La mala uniformidad en el riego se debe principalmente a las mangueras de descarga, siendo el problema la fuga de agua, y haciendo que los productos agregados al agua de riego terminen en posas que se forman en medio de la calle del surco.

No existe una sistematización en la operación del sistema de riego, no existe un programa de riego ni el tiempo que se le debe de dar al mismo, esto se maneja mediante las apreciaciones y experiencia. Esto se observa en las fincas ubicadas en Zaragoza, así como en el manejo dado por los agricultores entrevistados.

1.1.9.2 Manejo de plagas y enfermedades

Se laboran los planes de manejo basados en la experiencia de la gente en el campo, por lo general aplica cuando se observa que los primeros frutos vienen dañados o al observar el síntoma, la utilización de pesticidas es generalizado y en algunos casos como único medio de manejo de la plaga y/o enfermedad, además la gama de ingredientes activos en los pesticidas son reducidos, debido a las restricciones contenidas en las normativas internacionales.

Técnicas de aplicación poco apropiadas, ya que no cumplen con la premisa básica “atacar la zona problema”. La falta de Muestreos de plagas, en el caso de Trips (*Frankliniella sp.*), indicándonos las poblaciones de dicho insecto. Utilización de los diferentes tipos de trampas y la falta de control en el momento oportuno.

Hace falta estudios para determinar la dinámica de las enfermedades en la zona. Esto permitiría anticipar y realizar aplicaciones efectivas, además de poder proveer los productos correctos de manera adecuada en el tiempo y espacio del cultivo a cada agricultor.

1.1.9.3 Manejo de malezas

El manejo se realiza antes de la siembra, luego se mantiene un control eficaz en la cama del surco utilizando Polietileno o “mulch” que evita el crecimiento de las plantas arvenses. Se realizan entre 2 a 3 deshierbes durante el ciclo del cultivo. Se puede mejorar ya que existen situaciones de interés como: las malezas que crecen en los agujeros donde se desarrolla la planta, el período de control sobre las malezas de las calles.

En otra situación el manejo adecuado de la basura de las malezas y el rastrojo que queda después de terminado un ciclo de cultivo. La importancia de esto radica en que estos elementos son hospederos para el desarrollo de enfermedades y plagas.

1.1.10 Factores bióticos

1.1.10.1 Plagas

Trips: Esta plaga es de crecimiento poblacional rápida, los daños que provocan se observan en las vainas, provocando pequeñas erupciones verdes, por lo que se le conoce como “mancha verde”, le da una textura como de lija. Los productos dañados no se pueden exportar.

La presencia de la plaga se observa en plantas jóvenes, escondiéndose en las zonas cubiertas, y en esquinas profundas dentro de la arquitectura de la planta, especialmente en los cogollos. La mayoría de las larvas se encuentran en el envés de las hojas, en donde se alimentan, posteriormente se trasladan a los primordios florales, y finalmente en el interior de las flores. Todos los lugares en donde se encuentran les brindan un lugar seguro y protegido por partes de las mismas plantas para el desarrollo de las poblaciones. El crecimiento de las poblaciones de trips se da para la época seca.

Araña roja: Plaga que prolifera rápidamente, se ha indicado que la presencia de uno por cada 50 plantas, indica el momento de la aplicación de productos químicos para su manejo.

La presencia de esta plaga se encuentra en la parte del envés de las hojas, absorbe los fluidos (savia) de la planta debilitándola, además provoca heridas y concavidades que son aprovechadas por otras especies, destruyen las células y provocan roña en las hojas hasta destruirlas.

Al no controlar la plaga llega a provocar síntomas como acolchamiento de las hojas y amarillos en las mismas, producción de vainas pequeñas. Está plaga se desarrolla en época seca y con viento.

Nocheros(*Spodoptera sp.*): La plaga de “nocheros” aparece en etapas tempranas de las plantas, cortando y eliminando plantas provocando daños mínimos, siendo la etapa crítica los primeros 10 días del cultivo.

Pulgones: Al no tener las precauciones adecuadas el crecimiento de la plaga es rápido, ocasiona pérdidas en la vaina ya que provoca un debilitamiento de la planta, vainas pequeñas y algunas atrofiadas.

1.1.10.2 Enfermedades

En cultivo de la arveja china se cuenta con una serie de enfermedades que limitan severamente la producción y los rendimientos exportables de la arveja china y dulce, entre las enfermedades se presentan en el cuadro 1:

Cuadro 1 Enfermedades y patógenos que afectan a las plantaciones de Arveja China (*P. sativum L.*).

Nombre Común	Agente causal
Complejo Damping Off	<i>Fusarium axysporium</i>
	<i>Pythium sp.</i>
	<i>Rhizoctonia</i>
Mildiu Lanoso	<i>Peronospora viciae</i>
Mancha Negra	<i>Ascochyta pisi</i>
Mancha Café	<i>Botrytis sp</i>

Esté complejo de hongos anamorficos, proporcionan un patosistema de difícil manejo, ya que muchas variedades son susceptibles a la mayoría de las enfermedades listadas. Además la normativa internacional Glonbal GAP, restringe el uso de muchos ingredientes activos y los permitidos poseen restricciones para su uso, por lo que existe épocas en que la producción no se realiza por las pérdidas causadas por dichas enfermedades.

1.1.10.3 Complejo damping off

Provoca la muerte de plántulas, pudrición de semillas y marchitamientos en los campos productivos.

Fusarium axysporium f. sp. pisi

Hongo anámorfico que provoca la marchites delaarveja china, el manejo de la enfermedad posee una alta complejidad ya que el inóculo se encuentra distribuido en el suelo, la mayoría de las variedades de arveja son susceptibles, los periodos prolongados de monocultivo con rotación mínima o nula, mal laboreo del suelo, pH ácidos en el suelo, otros patógenos, la humedad del suelo y la alta especificidad del patógeno hacia el cultivo, provocan las variaciones positivas o negativas en el desarrollo de las epidemias dentro de las plantaciones.

Este hongo presenta una capacidad de sobrevivencia muy alta, esto por los diferentes estructuras de reproducción tales como: conidios, microconidios y macroconidios; la formación de estructuras de resistencia llamadas clamidiosporas y aun el mismo micelio sirve como propagulo de infección.

Se observa que la infección en los campos de cultivo se da de manera acelerada, ya que se obtiene la muerte de 1 a 2 plantas diarias por cada cien que hay, el número de infecciones diarias aumenta a 3 ó 4 durante el periodo de los 40 a 55 días después de siembra (dds), en este periodo la planta entra en la floración y producción de vainas. Los daños son considerables ya que el tiempo de muerte para las plantas infectadas es de aproximadamente 15 días, este periodo es más corto cuando no se realiza un riego adecuado, esto significa que en la variedad *Atitlán* que posee un periodo de 5 semanas

productivas se vean disminuidas a 2 ó 3 semanas, cosechando producto que en su mayoría no cumple con los requerimientos de calidad.

Se indica que en una hectárea del cultivo se pierde diariamente 3123.75 plantas por hectárea aproximadamente, equivalente a 145 m²; para el final del ciclo del cultivo se han perdido 5220 m², lo que representa una pérdida de 62 quintales (2818.18 Kg).

En plantaciones infectadas por Fusarium se han reportado cosechas de 3 a 5 quintales por cuerda (1166.6 m²) y en casos extremos nada, esto es muy significativo al comparar rendimientos de 40 quintales como máximo en áreas similares, además de verse limitada la producción y que por hectárea se invierte alrededor de Q18,000.00 aproximadamente.

Pythium sp.

Enfermedad que provoca la llamada “pata negra”, y el ahorcamiento de las plántulas, pudrición de las semillas, produciéndose pérdida de plantas, además de afectar la raíz y dañarla haciéndola más susceptible a Fusarium en el futuro.

1.6 PORCENTAJES DE PRODUCTO RECHAZADO DE ARVEJA CHINA VARIEDADES ATILÁN 902 Y SUGAR DADDY, PARA LAS FINCA GEMELAS Y EL CONDOR.

A nivel general los datos presentados en los informes semanales del producto ingresado, esto después de la pérdida por fusariosis en campos, indican que la pérdida o rechazo en el producto está dentro de un rango de 13% al 56% de la producción.

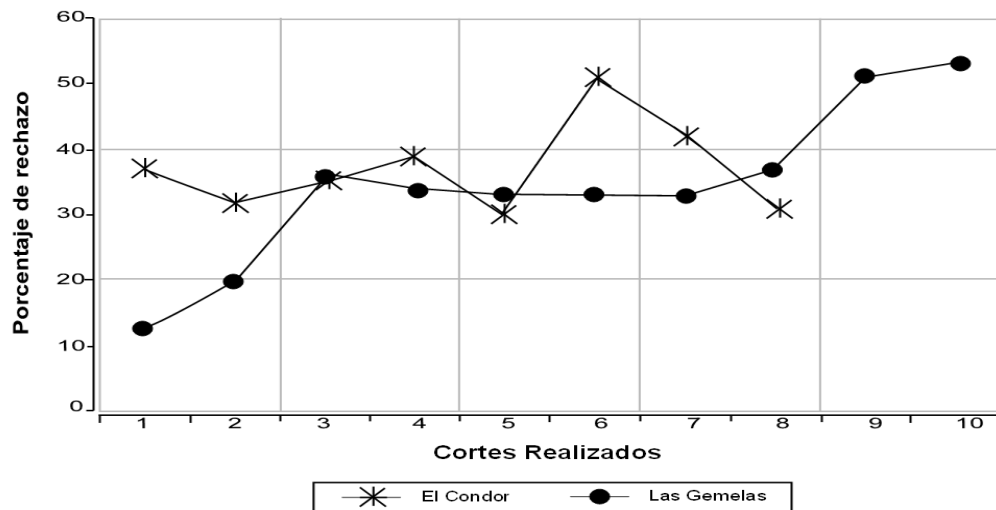


Figura 2 Comportamiento de los porcentajes (%) de rechazo total en las fincas “El Cónдор” y “Las Gemelas” de arveja china (*Pisum sativum* L. var. atilán 902) producida.

La figura 2 muestra que al inicio de los cortes el rechazo tiende a ser bajo, luego se estabiliza y para los últimos cortes se registran más altos, las curvas se realizaron en base a los datos obtenidos del ciclo de cultivo de la temporada 2009. El dato más bajo de rechazo para la arveja china fue de 13% y el más alto de 56%. Las curvas muestran un comportamiento de las dos fincas, siendo la curva de El Cónдор con los niveles más altos de rechazo, con picos en el tercer y cuarto corte, esto significa que en los cortes con un volumen alto en la producción el rechazo fue mayor, situación que al finca gemelas no se da y si se eleva en los últimos dos cortes en donde el volumen cosechado es menor.

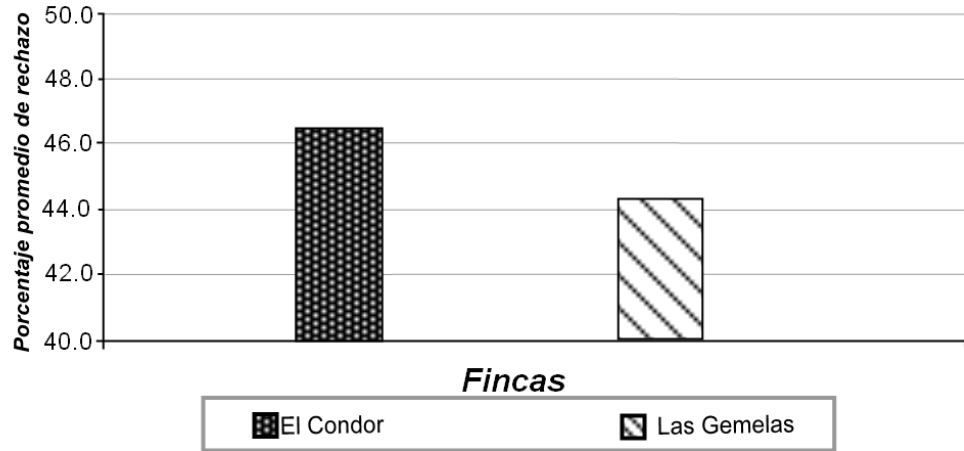


Figura 3 Comparación de los porcentajes promedio de rechazo total por finca de arveja china (*Pisum sativum* L. var. atilán 902).

La figura 3 indica los promedios de rechazo para cada una de las fincas, se observa que para la finca “Las Gemelas” el porcentaje promedio de rechazo fue de 34% y para la finca “El Córdor” el porcentaje de rechazo fue de 37% de la producción.

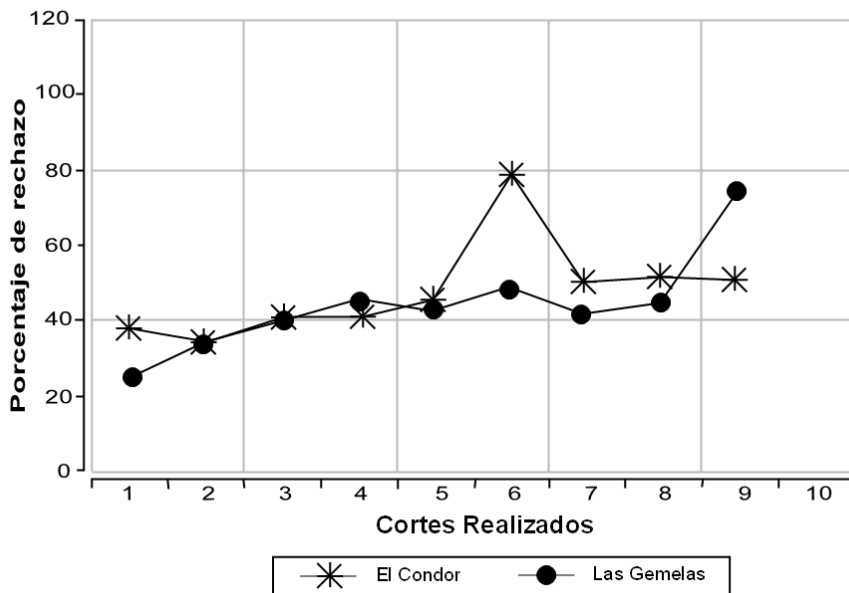


Figura 4 Comportamiento de los porcentajes de rechazo en las fincas “El Cóndor” y “Las Gemelas” de arveja Dulce producida.

En la figura 4 se puede observar el comportamiento de la arveja que se rechaza en la empacadora, indicando que en algunos casos se rechaza el 80% del producto que ingresa a la planta por no contar con los requerimientos de calidad para su empaca y exportación.

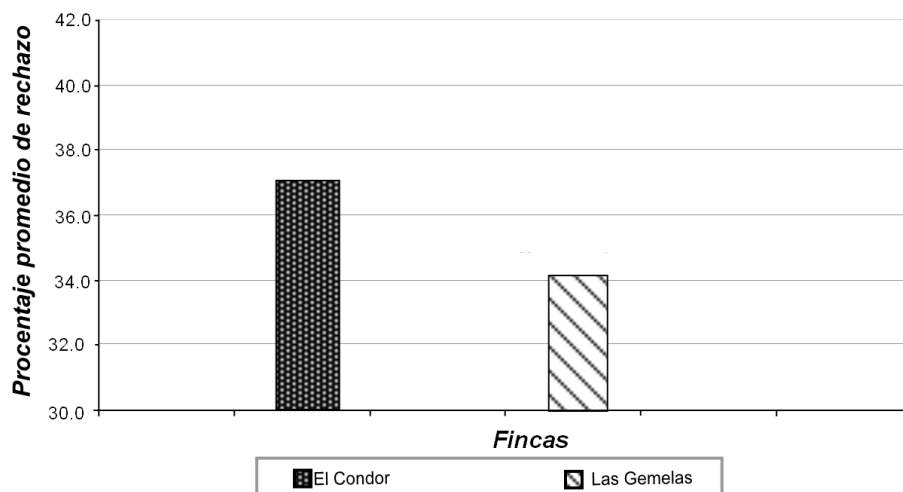


Figura 5 Comparación del porcentaje promedio de rechazo por finca de arveja Dulce.

El comportamiento para esta temporada en la arveja dulce es muy similar que para la arveja china en cada una de las fincas.

La encuesta realizada a los encargados de línea de empaque, en la planta empacadora, indican que las causas del rechazo son debidas a:

1. Mancha negra (*Ascochyta pisi*)
2. Mancha Verde (*Frankliniella sp*)
3. Mancha café (*Botrytis sp*)
4. Daño mecánico
5. Tamaño y forma del fruto.
6. Punto de maduración del fruto.

Indican que del 30 al 80% del rechazo se debe a mancha negra, de un 15 a 60% de rechazo se debe a mancha verde, un 10% a mancha café y un 15% a otros, el rango de

los primeros dos se debe a la época en la cual se realiza la cosecha ya que para época seca el porcentaje por mancha verde se eleva y el de mancha café disminuye siendo todo lo contrario para época lluviosa.

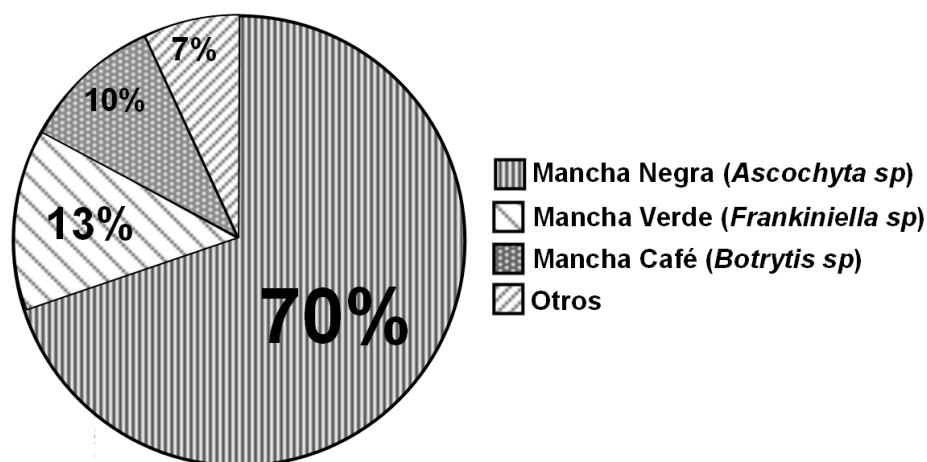


Figura 6 Comportamiento de los tipos de rechazo para la época seca

La figura 6 muestra la magnitud que posee cada factor que provoca rechazo, observándose que las fincas “El Cóndor” y “Las Gemelas”, para la época lluviosa la mancha negra (*Ascochyta pisi*) es un factor negativo para la producción, dirigiendo la mayor parte de los esfuerzos al control de la misma, sin embargo el procesamiento en la planta empacadora de la arveja china indica que del total de rechazo obtenido un 70% es por mancha negra, un 13% es por mancha verde, un 10% es por mancha café y un 7% es por otros factores tales como, frutos sobre maduros, daño mecánico, etc. Estos porcentajes varían de acuerdo a las condiciones climáticas y al manejo que se le brinda en campo a las plantaciones.

La variación de los porcentajes se nota para la época seca, donde las poblaciones de insectos encuentran un ambiente adecuado y la incidencia de los hongos disminuye en los frutos y órganos aéreos.

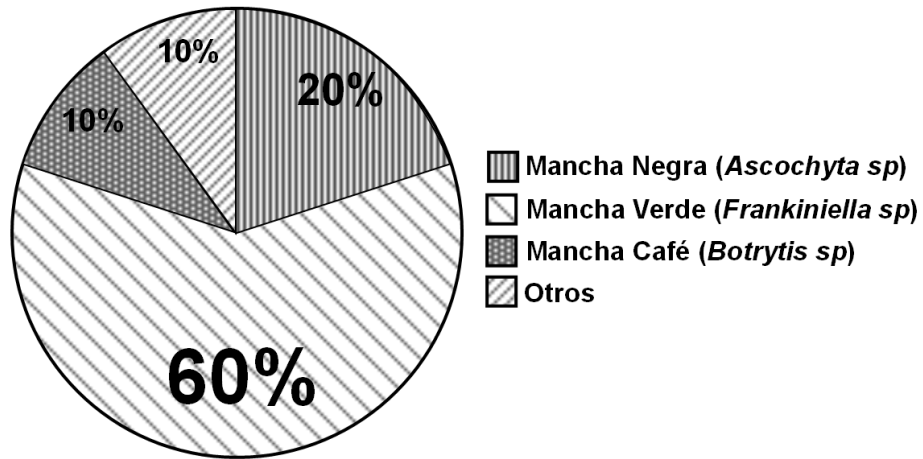


Figura 7 Comportamiento de los tipos de rechazo para la época seca

La figura 7 muestra diferencia en el factor que provoca mayor cantidad de producto de rechazo siendo para la época seca la mancha verde (*Frankliniella sp.*) la causante del 60% del rechazo total. En contraste para la época lluviosa en donde el rechazo es causado en mayor porcentaje por la mancha negra (*Ascochyta sp*) tal y como lo muestra la figura 6.

Cuadro 2 Ordenamiento y Priorización de la problemáticas en las fincas.

No.	Plagas	Enfermedades	Manejo
1	Trips (<i>Frankliniella sp</i>),	Fusariosis (<i>Fusarium axysporium</i>)	Manejo de riegos
2	Nochero (<i>Spodoptera sp.</i>)	Mancha Negra (<i>Ascochyta pisi</i>)	Manejo de pesticidas
3	Araña roja (<i>Tetranychus sp</i>)	Mancha Café (<i>Botrytis sp</i>)	Manejo del laboreo
4		Mildiu vellso	Manejo de la fertilización

El

cuadro 2

sistematiza las problemáticas en tres grupos siendo plagas, enfermedades y aspectos técnicos en el manejo, priorizando dentro de cada grupo los factores que influyen la producción de la arveja china en campos y que repercuten en la calidad del producto dentro de la planta empacadora.

1.7 **CONCLUSIONES**

1. *Fusarium axysporium* es el patógeno de mayor relevancia en los campos de cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L).
2. Para la época seca la mayor parte del rechazo se debe a la presencia de mancha verde en los frutos, causados por trips (*Frankliniella* sp.).
3. Para la época lluviosa la mayor parte del rechazo se debe a la mancha negra causada por (*Ascochyta pisi*).

1.8 **BIBLIOGRAFÍA**

1. Alonzo, E. 2009. Problemas de la arveja (entrevista). Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, Finca “El Cóndor”.
2. Boror, G. 2009. Problemas de la arveja (entrevista). Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, Finca “El Cóndor”.
3. GHORTEX, GT. 2009. Boletas de pago, porcentaje de rechazo: semanas 44 a 53. Guatemala. 20 p. (Tablas Excell).
4. Girón, E. 2009. Problemas de la arveja (entrevista). Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, Finca “El Cóndor”.
5. Marroquín, R. 2009. Control de línea de producción (correspondencia personal). Sacatepéquez, Guatemala, GHORTEX, Supervisión de Línea.

CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL EFECTO De potasio Y CALCIO SOBRE LA INCIDENCIA DE *Fusarium axysporium*(Schlecht) f. sp. *psii*. EN ARVEJA CHINA (*Pisum sativum L*). EN SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.

2.1 RESUMEN

La producción intensiva de la arveja china ha creado en los suelos donde se cultiva problemas de plagas y enfermedades que dificultan cada vez más lograr altos rendimientos por hectárea, entre los problemas de enfermedades se encuentra uno de los patosistemas más complejos el de la arveja china (*Pisum sativum L*) como huésped y *Fusarium axysporiumf. sp.pisi* patógeno causal de la marchitez de la arveja. En campos se reportan pérdidas de hasta un 90% del cultivo; muchas empresas emigran de tierras para producir, esto debido a que un suelo infestado queda inhabilitado. A causa de esto se invierten anualmente cerca de Q15,000 por hectárea en fungicidas y/o desinfectantes del suelo, elevando los costos de producción haciendo prácticamente inoperable a pequeños agricultores por lo que la estrategia de emigrar a nuevas tierras sigue.

En 1963 Van der Plank, toma los datos obtenidos por trabajos de Young, y determina que la tasa de crecimiento en las infecciones en el cultivo de algodón bajo la aplicación de potasio disminuyen en 4 por cada 100 nuevas infecciones, tomando en cuenta la premisa anterior se procedió a evaluar el efecto de las aplicaciones de nitrato de potasio como fuente para el potasio y Nitrato de Calcio como fuente para el Calcio, en la incidencia y la tasa de crecimiento en las infecciones por cada 100 nuevas infecciones diarias, causadas por *F. Axysporiumf. sp.pisi* en el cultivo de Arveja China (*Pisum sativum L*).variedad *Atitlán 902*, para dicho propósito se utilizó los modelos generales usados para la interpretación de la dinámica de las enfermedades en plantas para el caso del crecimiento de una epidemia de ciclo simple.

La investigación se realizó con el propósito de identificar si las aplicaciones de potasio y Calcio poseen un efecto significativo en la incidencia y/o en la tasa crecimiento de la incidencia sobre el cultivo.

Las curvas del desarrollo de la enfermedad durante un espacio de treinta y un días bajo los cinco tratamientos muestran que entre aplicar potasio y no aplicarlo, no marca una diferencia significativa en la incidencia; sin embargo el análisis temporal de las curvas de la epidemia de los tratamientos: Testigo absoluto (T0), fertilización normal (TN), aumento

de potasio (TK), aumento de Calcio (TCa) y aumento de potasio y Calcio (TKyCa), indica que el peor tratamiento fue el testigo absoluto con un 7.8 por ciento, indicando que 8 plantas aproximadamente de cada cien se infectan en la no aplicar potasio y el mejor tratamiento fue el aumento de potasio con un 4.3 por ciento, indicando que el aumentar la dosis de potasio de 46 k a 55 Kg por hectárea reduce 3.5 infecciones diarias.

Por el contrario el Calcio no posee el efecto esperado en los tratamientos e interfiriendo con el elemento potasio, comparando los porcentajes de infección acumulada de cada tratamiento muestra que el tratamiento en donde se aumentó la dosis de potasio la incidencia de las infecciones fue de 76.92 por ciento de la población total.

El trabajo se inició la segunda semana del mes de enero finalizando en mayo con las tomas de datos. La investigación se realizó en Grupo Hortícola de Exportación S.A. (GHORTEX S.A.) Sumpango, Sacatepéquez, Guatemala.

2.2 INTRODUCCIÓN

La Arveja China (*Pisum sativum L.*) es un cultivo denominado no tradicional en el país, el cual a tomado auge como producto de exportación para el país, considerando a Guatemala como el país número uno en la producción y exportación a nivel mundial, sin embargo en los últimos años se han incrementado los competidores comerciales y la producción nacional se ha visto mermada por la presencia y aumento de plagas y enfermedades del cultivo.

Una de las enfermedades de difícil manejo es el marchitamiento de la arveja causada por *Fusarium axysporium f. sp. pisi*, patógeno identificado en la zona. La complejidad de las epidemias y su intensidad hace que se enfoque su estudio de manera integral para su manejo, debido que el patosistema de la Arveja China (*Pisum sativum L.*)/*Fusarium axysporium f. sp. pisi* se ve influenciado por diversos factores tanto intrínsecos del cultivo, como el manejo agronómico dado y las condiciones edafoclimáticas.

Debido a que la fragilidad del sistema es regulado por las actividades humanas, estas poseen un impacto en el desarrollo de las enfermedades. Tomando en cuenta este supuesto descrito en la epidemiología e identificado que las fertilizaciones son pobres en potasio y Calcio, se procedió a la identificar el efecto que promueve la aplicación de dichos elementos dentro del sistema, respecto a la incidencia y a la velocidad de crecimiento de la epidemia dentro la plantación.

Experimentos realizados por Young en la marchitez del algodón y posteriormente tomados por Van der Plank para su análisis mediante modelos epidemiológicos usados para la interpretación de la dinámica de las enfermedades en las plantas, resalta que la aplicación de potasio disminuye la velocidad de infección en la plantación.

Bajo dicha premisa se procedió a la evaluación de potasio y Calcio en el cultivo de arveja china, logrando identificar la velocidad de infección en un 7.8 % de infecciones diarias en la ausencia de aplicación de potasio y un 4.3 % en la población en la cual se aplicó potasio, indicando que existe una significancia epidemiológica en la velocidad de infecciones, por

el contrario al final de la toma de datos de la incidencia del patógeno sobre las poblaciones evaluadas, estadísticamente, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, a la vez se observa que la aplicación de Calcio no influye sobre la incidencia y si posee un efecto antagónico con el potasio.

Por lo que esto es un proyecto de investigación básica que permite identificar el efecto que posee la aplicación de potasio y Calcio por separado y la combinación de ambos sobre la incidencia de *Fusarium axysporium* f. sp. *pisi*. en Arveja China (*Pisum Sativum* L.) y la velocidad de crecimiento de la epidemia bajo los diferentes tratamientos de potasio y Calcio.

2.3 **DEFINICION DEL PROBLEMA**

En las áreas cultivadas con arveja china por varios años tienden a ser poco productivas por cada ciclo nuevo, esto debido a que en el suelo se acumula y crea presiones de inóculo de *Fusarium axysporiumf. sp. pisi*, que hacen insostenibles la producción. Esto motiva a los productores a trasladarse a nuevas zonas de cultivo; en el caso de empresas dicho proceso resulta poco rentable debido al costo de certificación de las fincas.

El patosistema Arveja China/*Fusarium* posee una complejidad en los elementos que favorecen la intensidad de la epidemia tales como condiciones edafoclimáticas: pH, materia orgánica, textura, humedad etc.; la presencia de otros microorganismos benéficos o dañinos, que disminuyan o aumenten la capacidad patogénica de *Fusarium axysporiumf. sppisi*, por otra parte, las mismas propiedades intrínsecas del cultivo que proveen de resistencia o susceptibilidad a la enfermedad y las condiciones climáticas. En donde muchos de los factores y condiciones pasaron de ser autorregulados a ser regulados por el hombre, siendo la salud del cultivo como una condición de estabilidad, con una máxima respuesta fisiológica a su entorno ambiental. En donde la epidemia es un reflejo de una condición inestable y el manejo dado al sistema para estabilizarlo.

Indicando que el manejo agronómico tiene relevancia en el avance de las epidemias, en el caso de la Arveja China (*P. sativum L*) la aplicación de elementos como Calcio y potasio es mínimo o nulo, ya que se aplican fórmulas de fertilizantes tales como 20-20-0, 15-15-15, 10-40-0 y urea, siendo el fertilizante denominado completo el único que aporta potasio (K) y ninguno aporta Calcio (Ca). El suelo para la localidad del experimento aporta 530 Kg/ha de potasio, cantidad que teóricamente suple los requerimientos de la planta, sin embargo al fertilizar se debe de aportar el 50% de lo requerido por la planta mediante fertilizantes.

Esto lleva a inferir en los procesos del cultivo; aplicando potasio y/o Calcio en el suelo promueva la disminución de las infecciones o disminución de la velocidad de infecciones causados por *Fusarium axysporiumf. sp.pisi*.

2.4 JUSTIFICACIÓN

En los estudios realizados por Young (1938) y citado por Van der Plank en (1963) se encontraron proporciones de marchites en campos de algodón, probando el efecto del potasio en relación a la velocidad de incremento de la epidemia, concluyendo que hay una reducción en la tasa de incremento de la enfermedad. En Canarias en 1973 Blesa Rodríguez, estudiando el mal de Panamá en banano (*Fusarium axysporium*), observaron que las condiciones edafoclimáticas contribuyen a bajar la incidencia en la enfermedad; la investigación realizada por Guevara y Rodríguez Gálvez en el 2006, indica que la utilización de fungicidas frente a la utilización de Fosfito de potasio como agente generador de resistencia, marca a los fungicidas bajo inmersión de las raíces como primer lugar y segundo al fosfito de potasio contra la marchitez del algodón, por lo que justifica evaluar la premisa enunciada de aplicar potasio induce resistencia en arveja china al fusarium. Walker y Foster demostraron que la velocidad de desarrollo de la enfermedad disminuía con el incremento en la concentración de una solución nutritiva equilibrada. Las soluciones nutritivas pobres en potasio y ricas en Nitrógeno favorecían el desarrollo de la enfermedad, mientras que las ricas en potasio y pobres en Nitrógeno tenían un efecto contrario.

Se ha observado que el potasio tiene efecto sobre la resistencia a enfermedades y las evaluaciones con diversas variantes han mostrado efectos diferentes en las soluciones nutritivas sin embargo se encuentra aunque no posee un aspecto claro y definido fisiológicamente la función del potasio para combatir a los patógenos sin embargo el potasio es uno de los elementos que la planta absorbe en grandes cantidades y es implementado en diversas funciones fisiológicas catalizando y promoviendo la conservación del equilibrio hídrico en la planta. Las premisas anteriores promovieron la evaluación de potasio y Calcio en la incidencia final del patógeno (*Fusarium axysporiumf. sp..pisi*) y su velocidad de crecimiento en las poblaciones de arveja china (*P. sativum L.*) sometidas a tratamientos de aplicación en manera individual, combinada o la no aplicación de los elementos evaluados, demostrando su efecto sobre las variables evaluadas.

2.5 **MARCO TEORÍCO**

2.1.1 **Aspectos generales del cultivo de arveja china**

La arveja china se cultiva en Guatemala en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá, los cuales comprenden más de 95% de la producción nacional.

(14)

Botánicamente se denomina *Pisum sativum* L. también se le conoce con el nombre de chícharo o guisante. Se caracteriza por tener un hábito anual, con tallo herbáceo, sus hojas son compuestas, con dos o tres pares de folíolos, con un zarcillo terminal, de flores sencillas e insertadas en las axilas de las hojas. El fruto es en vaina, algo comprimida y terminada en una pequeña curva. Las semillas, numerosas en cada vaina, son casi esféricas. (17,14)

Es una planta originaria del Oriente Medio y la región del Mar Mediterráneo, pertenece a la familia Fabaceae, del orden Fabales. Se cultiva por la producción de su vaina, que en estado inmaduro constituye el producto comercial exportable. Fijadora de Nitrógeno, las vainas son planas y tras – lúcidas, Tiene un alto contenido de vitaminas A, B y C, proteínas, tiamina y niacina. (14, 15, 17)

Según la variedad alcanza alturas de 50 a 175 cm. ó más; por lo que existen variedades enanas y trepadoras de crecimiento indeterminado. La germinación se da entre 8 y 10 días, el inicio de la floración es a los 56 días. La producción de flores está relacionada con la producción de vainas. En la variedad Oregon Sugar Pod II, se producen en promedio 23 flores y 22 vainas por planta; la formación de vainas ocurre entre los 60 y 100 días, la longitud de la vaina en promedio es de 8.61cm, el largo mínimo es de 8 y el máximo de 8.9 cm, las agroexportadoras exigen un tamaño de vainas entre 8 y 9 cm, esto indica que vainas de menor o mayor tamaño al requerido son catalogadas no comerciales (rechazo). El período de cosecha comienza a los 65 días después de la siembra, finalizando a los 100 días después de haberse sembrado. Esta planta se adapta a una gran variedad de suelos con excepción de los muy arcillosos. Prefiere francos, franco arcilloso, fértil,

profundo bien drenado, clima templado y frío, pH6.0 – 7.0, precipitación pluvial 800 – 1200 mm, altitud 1,000 a 3000 msnm, temperatura 10° C a 24° C, humedad relativa 70%, pendiente 50% (máxima) y luminosidad mínimo 1,500 horas por año. La siembra puede realizarse durante todo el año con riego, en condiciones nacionales va de agosto a abril. (17, 18)

El rendimiento en peso reportado es de 63.36 gr/planta (12,672 Kg/ha). Los rendimientos por planta mínimos y máximos son 50.82 gr/planta y 75.9 gr/planta; en esto intervienen factores que influyen en la producción, tales como las semillas que no germinan, plantas que mueren por enfermedades, plantas con baja producción por falta de nutrientes, densidad de población y porcentaje de rechazo entre otros. El periodo de cosecha posee una duración de 5 semanas (35 días), con un rendimiento total de 12,675 Kg/ha. (28)

2.1.1.1 Plagas y enfermedades

El cuadro 3 muestra el nombre común de las enfermedades que afectan al cultivo de la arveja china, así como el nombre técnico de los patógenos que causantes de las enfermedades.

Cuadro 3 Hongos que afectan al cultivo de arveja (*Pisum sativum L*).reportados a nivel general en los lugares donde se cultiva.

Nombre Común	Nombre tecnico
Dampin off	<i>Pythium sp.</i>
Marchitamiento	<i>Fusarium axysporium</i>
Mildiu lanoso	<i>Peronospora pisi</i>
Manchas de la hoja	<i>Ascochyta pisi</i> , <i>Mycosphaerella pinodes</i>
Esclerotinia	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Botrytis	<i>Botrytis cinérea</i>
Mildiu polvoriento	<i>Erysiphe polygoni</i>

Cuadro 4 Bacterias que afectan al cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) reportados a nivel general en los lugares donde se cultiva.

Nombre Común	Nombre técnico
Roya Bacteriana	<i>Pseudomonas syringae pv. Pisi</i>

El cuadro 4 muestra el nombre común de la enfermedad y el nombre técnico de la bacteria reportada para la arveja china, en los Estados Unidos.

Otros

Distintas especies de aves, roedores, caracoles y nematodos también pueden causar daños. (1, 20, 6, 21)

2.1.1.2 Requerimientos nutricionales de la planta

El propósito de un programa de fertilización adecuado es suministrar año tras año las cantidades de elementos que darán como resultado el máximo rendimiento. Los factores que influyen de una forma mayor la selección de la proporción y colocación del fertilizante son las características de la cosecha y del suelo, el rendimiento esperado y el costo del fertilizante con relación al precio de venta (18).

Para producir 9700 Kg/ha de arveja china, el cultivo extrae del suelo:

Nitrógeno 233Kg/ha

P₂O₅ 61 Kg/ha

K₂O 235 Kg/ha

MgO 29Kg/ha

Ca 341 Kg/ha(9).

La fertilización del cultivo que realiza tradicionalmente el agricultor consiste en 821 Kg/ha de 15-15-15 o 12-24-12 en el momento de la siembra. Aplican nitrato de Calcio o de potasio a razón de 319 Kg/ha cuando se inicia la floración. Además realizan 7-10 aplicaciones foliares. Algunos usan abonos orgánicos en la primera aplicación hasta 1642 Kg/ha de gallinaza más el fertilizante químico (9, 28).

2.6 **EL PATÓGENO (*Fusariumaxysporium*)**

2.1.2 **Taxonomía**

El genero *Fusarium axysporium* es un hongo imperfecto, que aparentemente ha perdido el estado perfecto o sexual, comprende muchas especies y muchas variedades dentro de cada especie, las variantes de *F. axysporium* están divididas en muchas formas especiales que no pueden ser distinguidas usando criterios morfológicos. En este género son agrupados los patógenos de mayor grado de especialización, que invaden los vasos del xilema de sus huéspedes, provocando las enfermedades conocidas como fusariosis vasculares. Produce marchitamientos vasculares principalmente en flores y hortalizas anuales, plantas herbáceas, plantas de cultivos, en malezas etc. Estos se reproducen por medio de conidias, los macroconidios son hialinos, fusiformes, a veces pediculados; uni o pluritabcados y con inserción acrógena. Los conidióforos son ramificados, pudiendo parecer, bien salpicados, bien en ramilletes cubiertos por una masa de conidios más o menos mucilaginosos, que forman el cuerpo fructífero tuberculado conocido como esporodoquio. Este último puede presentar una base plana, conocida como Plecténquima. Algunas especies producen macroconidios esporádicamente. Los microconidios son hialinos uni o tetratabcados. Las clamidosporas, unicelulares o unitabcadas, poseen gruesas paredes y son de inserción terminal o intercalar, son globosas, de doble pared gruesa, se encuentran solitarias o en pares, formadas a partir de la condensación y los conidios. Con esta estructura el hongo sobrevive en condiciones ambientales desfavorables y en ausencia de plantas hospedantes. Su tamaño varía de 5 a 6 micras de diámetro. (2, 19, 27)

Todas las especies de *Fusarium* presentan una fase saprofita, es un hongo que habita en el suelo, sobrevive en él o en restos de plantas en forma de células asexuales de pared gruesa denominadas clamidosporas, o bien en forma de micelio o esporas en los restos vegetales, sobre todo en las regiones templadas frías. (2, 22)

El inóculo se propaga a través del agua y el equipo agrícola contaminado. Este tipo de patógeno sobrevive fácilmente en el terreno, que una vez infectado, permanece en estas condiciones casi indefinidamente. Debido a esta propiedad, los suelos infestados quedan

inutilizados prácticamente para el cultivo de una cierta planta, a menos de que existan variedades resistentes de la misma. (2)

Muchas de las especies son únicamente parásitos facultativos de escaso grado de patogenicidad. Algunas son principalmente organismos de descomposición que actúan sobre órganos vegetales latentes. Otros son parásitos poco activos de las raíces. Por último, otras especies atacan específicamente los tejidos corticales, provocando la descomposición de las plántulas antes de su emergencia. (2, 22)

2.1.3 Las fusariosis vasculares

Existen más de una veintena de enfermedades provocados por diferentes razas de *F. axysporium*. En las que el agente patógeno, iniciando generalmente su invasión a través del sistema radicular, se fija esencialmente en los elementos gruesos del xilema. Las características del desarrollo de la marchitez ha sido objeto de una intensa investigación, surgiendo dos teorías del porqué de la marchitez, estas son conocidas respectivamente como la teoría de la Obstrucción y de las Toxinas. Los tubos germinales de las esporas o el micelio penetran directamente en las puntas de las raíces o entran en estas últimas a través de heridas o a nivel de la zona donde se forman las raíces laterales. El micelio del hongo se propaga intercelularmente a través de la corteza de la raíz hasta que llega a los vasos de xilema, se propaga internamente en forma de micelio o conidios y se limita a los tejidos vasculares (xilema) y algunas células circunvecinas y nunca sale a la superficie de la planta, incluso tampoco produce esporas. Sólo cuando la enfermedad ocasiona la muerte de una planta infectada, el hongo se propaga hacia otros tejidos y esporula en la planta muerta o sobre la superficie de ésta. (2)

Por regla general, la forma especial de *F. axysporium* patógena sobre una cierta especie presenta una especificidad patogénica para dicha especie, una fase de la enfermedad en la que el organismo provoca podredumbres corticales. Las fusariosis vasculares se ven favorecidas por una temperatura relativamente alta del suelo. El estudio de las relaciones que existen entre humedad del suelo y las temperaturas del aire y del suelo se descubrió que el óptimo de temperatura de este último se encontraba alrededor de los 28⁰C y la temperatura del aire tiene efectos similares. La humedad del suelo necesaria para un

mejor desarrollo vegetativo del huésped coincide con la más favorable para el desarrollo de la enfermedad. En medios de cultivos artificiales se descubrió que soporta fácilmente oscilaciones de pH entre 3.6 y 8.4, en donde los máximos de crecimiento se dieron en un pH de 5.85 a 6.85; para la germinación de las esporas los dos máximos se encontraron entre las proximidades de 4.5 y 7.0 respectivamente. (2, 22, 27)

2.1.4 Síntomas

Las hojas de plantas infectadas o partes de plantas infectadas pierden su turgencia, se debilitan, adquieren una tonalidad que va del verde claro al amarillo verdoso, decaen y finalmente se marchitan, se tornan amarillas, empardasen, enanismo y finalmente mueren. Los cortes transversales muestran varias zonas café decoloradas dispuestas en forma de un anillo completo o interrumpido que consta de tejidos vasculares decolorados. Algunos de los vasos xilémicos son obstruidos por el micelio, las esporas o bien los polisacáridos que produce el hongo. Esta obstrucción se incrementa aún más por los geles y gomas que se forman, por la acumulación y oxidación de los productos de degradación de las células vegetales atacadas por las enzimas del hongo. Al parecer, la decoloración café de los tejidos vasculares afectados se debe también a la oxidación y translocación de algunos de los productos de degradación. En los tallos jóvenes recién infectados, el número de vasos xilémicos formados disminuye y sus paredes celulares adelgazan más de lo normal. Con frecuencia, las células parenquimatosas en torno a los vasos xilémicos son estimuladas por las secreciones del patógeno para que se dividan excesivamente y, esto aunado a las paredes adelgazadas y debilitadas de los vasos, da como resultado la disminución del diámetro o el colapso total de los vasos. (2, 27)

La primera sustancia identificada es un polipéptido denominado *licomarasmina* y es relativamente escasa en cultivos, de fusarium, de menos de menos de cuatro semanas. Gäumann demostró que la licomarasmina alteraba la permeabilidad de la membrana protoplasmática de las células, de forma que éstas perdían agua con mayor rapidez de la normal, lo que a su vez provocaba la marchitez debido a que las raíces no absorbían el agua con el ritmo necesario para mantener los tejidos turgentes. (2, 27)

Gothoskar y otros, demostraron que el *F. axysporiumf. sp..lycopersci* produce fácilmente enzimas pectolíticas, en cultivos sintéticos. En estos cultivos se encuentran en abundancia tales enzimas después de un periodo de incubación de pocos días. Cuando se provoca la entrada de estos preparados enzimáticos en tallos de tomate, aparecen rápidamente todos los síntomas típicos de la enfermedad, incluida la coloración parda del sistema vascular. Las enzimas actúan sobre las sustancias pécticas de los tabiques de las tráqueas, difundiéndose igualmente en el parénquima leñoso. El ácido péctico formado se difunde en el vaso leñoso, formando una masa coloidal que tapona el vaso y en cuya composición puede entrar igualmente sustancias no pécticas. (2,3, 22, 27)

2.7 **RESISTENCIA DE LAS PLANTAS A LOS PATÓGENOS**

El manejo de la enfermedad a nivel mundial se ha orientado al uso de variedades resistentes al patógeno, las cuales impiden el avance del hongo sellando los elementos del xilema por medio de geles o gomas constituidas por polisacáridos de alto peso molecular.(17)

Se diferencian tres tipos de resistencia que son:

- Evasión a la enfermedad
- Exclusión del patógeno
- Resistencia basada en factores internos

2.1.5 **Resistencia aparente o evasión a la enfermedad**

Se debe al hecho de que la variedad se libra de los ataques del agente patógeno a causa de las condiciones especiales medio ambiente. Por lo general se trata de una cuestión de coincidencia o no del período vegetativo de la planta huésped con la acumulación del inóculo, y la predominancia de condiciones del medioambiente favorables a la infección. Ya que los tres factores necesarios para que se desarrolle la enfermedad no coincidan en interactúen en el momento oportuno o que tenga una duración suficiente. (2, 27)

2.1.6 Exclusión del patógeno

Los fundamentos de la resistencia de una variedad se basan en ciertos caracteres de la planta, que eliminan o reducen en gran proporción las probabilidades de una infección. Este tipo de resistencia se pone de manifiesto por la interacción de huésped y parásito en el momento en que tiene lugar la penetración. Cuando se logra superar la barrera de exclusión por medios artificiales o naturales y se inicia la infección, este tipo de variedad se muestra tan susceptibles como aquellas otras variedades que no poseen esta propiedad. Esta se divide en dos subtipos totalmente definidos.(2, 27)

Exclusión mecánica

Es aquella resistencia que seda mejorando y eliminando los períodos de susceptibilidad de ciertas partes de la planta huésped llevándolos a un periodo de resistencia. (27)

Exclusión química

Se indicaba hace tiempo la posibilidad de que en el punto de penetración, la actividad de las polifenol-oxidasas liberase en el substrato ciertos fenoles que inhiben el avance del patógeno. (2, 27)

2.1.7 Resistencia basada en factores internos

En una gran mayoría la resistencia de las plantas a la enfermedad consiste en interacciones que tienen lugar después de la penetración. En muchos casos la penetración tiene lugar sin que la infección llegue a manifestarse. En estos casos parece que no existe ninguna conexión entre la atracción o estímulo a penetrar el conjunto de condiciones que permite el carácter patógeno.

2.1.7.1 Manifestaciones Morfológicas de Resistencia

Una vez que el parásito ha penetrado en un huésped resistente, aparece una desviación sobre la reacción corriente en un huésped susceptible. Puede tratarse simplemente de

una penetración muy escasa y una limitación decidida del avance del organismo una vez iniciada la penetración, sin que llegue a manifestarse una reacción morfológica definida. En otros casos, existen respuestas morfológicas, más o menos características, en forma de alteración de los tabiques celulares, tales como las de engrosamiento, suberización actividad de cambium o hipertrofia celular. (27)

2.1.8 Manifestaciones intracelulares de resistencia

Se basa en la demostración de la existencia de sustancias en los tejidos de las variedades resistentes, a los que pudiera achacarse el carácter por su toxicidad hacia una u otra clase de agentes patógenos.

Por ejemplo: la resistencia del tomate a la raza 1 de *F. axysporiumf. sp..lycoperscide* depende de un gen dominante. El hecho de que la diferencia entre plantas resistentes y susceptibles dependa de un solo gen, podía sugerir que la diferencia fundamental radicase en un sistema único de enzimas, o en un reducido número de estos, y en los productos del metabolismo celular que depende de ellos. Algunos investigadores han afirmado que este principio básico de resistencia reside en el sistema radical. Dicha afirmación procede del hecho de que el agente patógeno atraviesa la corteza de las raíces resistentes, no llegando a establecerse definitivamente en el xilema, a pesar de que no se ha podido descubrir ninguna barrera morfológica que lo impida. (27)

2.8 INDUCCIÓN DE RESISTENCIA

Una alternativa de control de enfermedades de plantas se basa en la “resistencia Inducida”, mediante la cual las planta son protegidas de las enfermedades causadas por hongos, ya sea a través de una infección inicial por un patógeno o por la aplicación de productos químicos que activan respuestas de resistencia de planta. El mecanismo de acción de esta resistencia se basa en la activación de los genes de resistencia en la planta, los mismos que promueven la síntesis de peroxidasas y PR-proteínas (proteínas relacionadas a la patogénesis). (12)

La actividad de la mayoría de las enzimas que oxidan al fenol (polifenol-oxidasas) casi siempre es mayor en los tejidos infectados de las variedades resistentes que en los de las plantas susceptibles que sido infectadas o en las plantas sanas no infectadas. La importancia de la actividad de la polifenol-oxidasas en la resistencia a las enfermedades probablemente se debe a su propiedad de oxidar los compuestos fenolicos hasta quinonas, las cuales con frecuencia son mucho más tóxicas a los microorganismos que los fenoles originales. Es razonable suponer que una mayor actividad de las polifenol-oxidasas ocasionaría concentraciones mayores de productos tóxicos resultantes de la oxidación, por lo tanto, un mayor grado de resistencia a la infección. Otra enzima oxidasa, la Peroxidasa, no sólo oxida a los compuestos fenolicos, sino también aumenta la velocidad de polimerización de esos compuestos en sustancias similares a la lignina, que se deposita en las paredes y papilas celulares e interfieren con el posterior crecimiento y desarrollo del patógeno. La resistencia de las plantas frente a algunos patógenos, al parecer se debe a la presencia o formación de compuestos que no son fácilmente degradados por las enzimas de los patógenos que intentan invadirlas. Por lo común, esos compuestos son complejos como la pectina, proteínas y cationes polivalentes como el Calcio o el Magnesio. La disponibilidad o acumulación de cualquiera de esos cationes cerca de la zona de infección da como resultado la formación de sales u otros complejos resistentes a la degradación que ocasionan las enzimas producidas por el patógeno. De esta forma, inhiben la maceración de los tejidos y confinan al patógeno en lesiones de tamaño y área limitados. (2)

Las plantas carecen de un sistema productor de anticuerpos y no pueden ser “inmunizadas” con vacunas, como lo hace el hombre. Sin embargo el hecho de tratar a las plantas con ciertos patógenos suele inducir en ellas cierta “Inmunización” temporal o permanente, es decir, cierta resistencia inducida a un patógeno al cual las plantas normalmente son susceptibles. Algunos de estos tratamientos sólo comprenden virus y se conoce como protección cruzada; otros pueden involucrar deferentes clases de patógenos y se conoce como resistencia inducida. En algunos casos, la resistencia de una planta hospedante contra un patógeno en particular puede mejorarse simplemente al adecuar la

condiciones de crecimiento del hospedante, tales como: fertilización, riego drenaje, etc. (2, 27)

Las prácticas de cultivo que tienen como propósito mejorar el vigor de las plantas ayudan a incrementar su resistencia contra el ataque de los patógenos. Así, la fertilización adecuada, un drenaje en el campo, riego, espaciado adecuado de las plantas y el control de malezas mejoran el crecimiento de las plantas y pueden tener un efecto directo o indirecto sobre el control de una enfermedad en particular. A veces el desarrollo agudo de una enfermedad proviene de la cantidad desproporcionada de uno o más de los principales elementos. La deficiencia de potasio es muy frecuente. Una carencia de potasio predispone a veces a ciertas enfermedades. Uno de los casos más llamativos es el de la marchitez del algodón, provocada por *Fusarium axysporium v. vasinfectum*, que tiende a ser más grave en las plantaciones realizadas en suelos pobres en potasio. Existen unos cuantos casos en los que la enfermedad se reduce por corrección directa de la fertilidad del suelo. (2)

Walker y Foster demostraron que la velocidad de desarrollo de la marchitez del tomate disminuía con el incremento en la concentración de una solución nutritiva equilibrada. Las soluciones nutritivas pobres en potasio y ricas en Nitrógeno favorecían el desarrollo de la enfermedad, mientras que las ricas en potasio y pobres en Nitrógeno tenían un efecto contrario cuando se aplicaban a plantas antes y después de inoculación. Sin embargo, cuando las soluciones nutritivas, a niveles altos o bajos de estos dos elementos, se utilizaban hasta el momento de la inoculación, empleando posteriormente una solución equilibrada, los efectos sobre el desarrollo de la enfermedad era opuestos a los que se observaban cuando las soluciones nutritivas de niveles altos o bajos se aplicaban tanto antes como después de la inoculación. Por lo que concluyeron que aplicar una solución rica en Nitrógeno en el momento de la inoculación, eran más resistentes que las sometidas a un medio pobre en Nitrógeno, y las plantas en medio pobre en potasio, más resistentes que las cultivadas en medio rico en ese elemento. (27)

Estudios realizados por Young en 1938, los cuales son citados por Van der Plank en 1963, concluyen que la aplicación de potasio en plantaciones de algodón hay una reducción de la tasa de incremento de la enfermedad, por lo que no murieron 4 plantas de cada 1000 nuevas infecciones, esto se determinó mediante el método cuantitativo epidemiológico, que hace relación entre la forma de crecimiento de las enfermedades. Sí el supuesto en la arveja es correcto y la aplicación de potasio tiene una significancia como en el algodón y en las altas densidades en la cual se siembra la arveja, daría una ventaja para la producción y se sumaría a las herramientas contra la enfermedad. (20)

En 1973, en estudios realizados en Canarias, se indica que entre los mecanismos de infección en las plantaciones de bananos el estado nutritivo de la planta respecto a los nutrientes presentes en ella depende esencialmente de la concentración en la solución edáfica. Indicando que, aunque la enfermedad de Panamá se presenta de un modo general en todas sus plantaciones bananeras, sin embargo, la proporción de plantas afectadas es mucho mayor en aquellas explotaciones donde las técnicas del cultivo y fertilización son inadecuadas. Como indica el estudio, una de las características de mayor resistencia a la enfermedad de la plantanera canaria, es sus capacidad de formar geles o placas filtrantes que impiden la difusión del hongo, es lógico, que la capacidad de la planta a una rápida y eficaz respuesta fisiológica para desarrollar sus mecanismos de autoinmunidad, esté estrechamente ligada a su estatus nutricional. (12)

En el 2006 en España, I. Guevara y E. Rodríguez, evaluaron la eficiencia de inductores de resistencia químicos frente a la marchitez del algodón causada por *Fusarium oxysporium* en condiciones de hidroponía, utilizando Benzothiadiazole (BTH), Citrex (Ag), Fosfite potásico (Fp), Sulfato de Cobre Pentahidratado Sistémico (Phy) y como testigo, Tebuconazole (Te) a diferentes concentraciones. Los productos se emplearon utilizando 3 métodos: en inmersión de semillas, aspersión foliar e inmersión de raíces. Los resultados fueron variados dependiendo del método de aplicación como de la concentración de los productos. En inmersión de semillas, los mejores tratamientos fueron Phy, Ag y Fp; en aspersión foliar, Phy mostró ser más eficiente en suprimir los síntomas de marchitez y en inmersión de raíces, Te y Phy demostraron ser los más eficientes. Los resultados

demonstraron que los inductores de resistencia son una alternativa para el control de la marchitez del algodón en condiciones controladas. (12)

2.9 **CALCIO (Ca)**

Es un elemento que reduce la severidad de varias enfermedades causadas por patógenos de la raíz y/o del tallo, como los hongos *Rhizoctonia*, *Sclerotium* y *Botrytis*, el hongo de los marchitamientos, *Fusarium oxysporum*, y el nematodo *Ditylenchus*. El efecto que presenta el Calcio sobre la resistencia de las plantas a las enfermedades parece deberse a su efecto sobre la composición de las paredes celulares y a la resistencia que antepone a la penetración de los patógenos en la planta. (2)

Su principal papel es estructural, porque constituye, como Pectatos de Calcio en las láminas medias, la parte cementante de las paredes celulares. Participa en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas, y tal vez, en el transporte de glúcidos. (7,8)

Es necesario pequeñas cantidades para la mitosis en las zonas meristemáticas pues confiere estabilidad al aparato estructural durante la división celular. Actúa como activador de enzimas y se relaciona con la nodulación y la fijación de N. (22, 26)

Es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular. También está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo y las mitocondrias. (7,8)

La reducción severa determina el deterioro y muerte de las plantas, las regiones meristemáticas son las primeras afectadas porque una reducción de Calcio impide la formación de nuevas paredes celulares, con lo que se imposibilita la división de las células. Existen paredes celulares, particularmente en estructuras de soporte como tallos y pecíolos, que se tornan quebradizas o rígidas; ellos obstaculiza la expansión de las células, clorosis de los márgenes de hojas jóvenes, el encorvamiento de puntas foliares y la formación de raíces atrofiadas e incoloras. Puesto que la mayor parte del Calcio de la planta se inmoviliza una vez depositado, su deficiencia es más impactante en tejidos

jóvenes; los tejidos viejos pueden resultar inafectados. Un exceso de Calcio puede causar deficiencia de Hierro. (4)

Efectos que causa el Calcio en las plantas.

- a) Proporciona rigidez
- b) Fomenta el desarrollo de raíces
- c) Aumenta la resistencia a la penetración de enfermedades y plagas
- d) Favorece el cuaje de las flores
- e) Impulsa la producción de semillas
- f) Desintoxica
- g) Ayuda a la fijación simbiótica del Nitrógeno.(11, 23)

También se ha indicado que el Calcio favorece la formación y el incremento de la proteína contenida en la mitocondria, si esto es así, el papel jugado por la mitocondria en respiración y de aquí en la asimilación de sales, indica que debe haber una relación directa entre el Calcio y la asimilación de iones en general. El Calcio se relaciona a la síntesis de proteínas por su incremento sobre la asimilación de Nitrógeno nítrico y se asocia con la actividad de ciertos sistemas enzimáticos. Se ha encontrado que las raíces de las plantas y los brotes no se desarrollan en longitud en ausencia de Calcio. Finalmente el Calcio es considerado como un elemento inmóvil, por lo menos en las plantas herbáceas. (26)

2.1.9 Pectinas

Los polisacáridos Pécnicos se encuentran en todas las paredes primarias y laminas medias de las plantas vasculares. Las pectinas están constituidas por una mezcla de polímeros de ácidos azucarados como el ácido D-galacturónico, conectados por enlaces glicosídicos $\alpha 1, 4$. Los carboxilos libres de cadenas adyacentes se encuentran ligados a iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} . Cuando esos iones no se encuentran presentes, la pectina es un compuesto muy soluble. Las sales de pectina con esos iones, forman un gel amorfo capaz e hincharse. (7, 8, 13,14)

Las pectinas representan cerca de un 30% del peso seco de las paredes primarias, aunque en las dicotiledóneas este valor puede ascender al 35%. Se considera en la pared dos tipos de pectinas: neutrales y ácidas.(7,8)

Las pectinas determinan la plasticidad de la pared celular y se depositan muy temprano en la placa celular; lámina media entre paredes primarias adyacentes, es un remanente de la placa celular. Los fitopatogenos producen en forma natural hidrolasas pécticas y las liasas que degradan los enlaces L-1,4 entre los residuos de las cadenas de galacturonas. (8)

2.10 **POTASIO(K)**

El potasio es requerido en grandes cantidades por las plantas y una deficiencia de este elemento puede ser frecuentemente en suelos ligeros o arenosos debido a su solubilidad y a la facilidad con la que puede lavarse de ellos. Por lo regular se presenta en cantidades suficientes en suelos arcillosos, donde está firmemente retenido. El potasio es el catión que prevalece en plantas y puede estar implicado en el mantenimiento del balance iónico de las células. (26)

Se ha demostrado, que disminuye la severidad de muchas enfermedades. El potasio tal parece que afecta directamente las diferentes etapas del establecimiento y desarrollo del patógeno en el hospedante e, indirectamente, la infección al promover la cicatrización de las heridas, al aumentar la resistencia de la planta a los daños causados por heladas. (2)

El potasio no parece tener función estructural en la plantas, pero desempeña numerosos papeles catalíticos, que en su mayoría no están claramente definidos; se desconoce, además, la naturaleza exacta de los grandes requerimientos de potasio. Muchas enzimas, por ejemplo varias de las implicadas en la síntesis proteica, no operan eficientemente en ausencia de potasio, aunque no parece enlazarse a ellas de la manera usual. Su efecto acaso se ejerza sobre la conformación proteica, determinando la exposición de los sitios activos. Sin embargo esto no parase explicar la alta especificidad del potasio, el que puede ser remplazado y solo ocasionalmente e ineficazmente por el Sodio. El potasio se necesita en grandes cantidades; por ejemplo se requiere mucho más potasio que Magnesio para la activación de una enzima dependiente el potasio se enlaza iónicamente a la piruvato quinasa, que es esencial en la respiración y el metabolismo de carbohidratos;

de manera que este elemento es muy importante en todo el metabolismo de las plantas. (18, 26)

La deficiencia de potasio generalmente se empieza a manifestar con una clorosis típicamente moteada de las hojas maduras que luego se distribuye a las jóvenes, pues este elemento es muy móvil en las plantas. Se producen áreas necróticas a lo largo de los márgenes y en las puntas de las hojas, las que se enroscan de una manera característica y puede producirse un extenso ennegrecimiento o chamuscamiento de las hojas. La deficiencia de potasio se manifiesta con frecuencia por hábitos de crecimiento en roseta, o achaparramiento. Otras consecuencias son la reducción del crecimiento, el debilitamiento del tallo y la baja resistencia a patógenos, de manera que las plantas deficientes, fácilmente son acamadas y atacadas por las enfermedades. Debido a la reducción proteica y el daño a la respiración, los compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos y azúcares tienden a acumularse a niveles inusualmente altos, mientras que se reducen las proteínas y los polisacáridos. (26)

En su totalidad se encuentran en forma iónica y móvil dentro de la planta, que se traslada a los jóvenes tejidos meristemáticos cuando ocurre una deficiencia. Participa en casi todos los procesos, respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila, pero no tiene un papel específico. Se le confiere una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta, en el mantenimiento de la electroneutralidad celular y en la permeabilidad de las membranas. Actúa como activador de una gran cantidad de enzimas de la síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos, y está muy relacionado directamente en el transporte azúcares vía floema. (4)

Efectos que causa el potasio en las plantas:

- a) Incrementa eficacia en la elaboración y movilización de azúcares y almidones.
- b) Metabolismo de los hidratos de Carbono o formación y transformación del almidón.
- c) Estimula el llenado de granos.
- d) Mantiene la turgencia de la planta.
- e) Evita los efectos severos de la sequía y de las heladas.
- f) Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas.
- g) Reduce el volcamiento.

- h) Ayuda en la fijación simbiótica del Nitrógeno, en el metabolismo del Nitrógeno y síntesis de proteínas.
- i) Control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales.
- j) Neutralización de los fisiológicamente importante ácidos orgánicos.
- k) Activación de varias enzimas
- l) Promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticas
- m) Ajustes de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.(11, 23)

La carencia de potasio se acompaña frecuentemente con un debilitamiento de la planta, lo cual repercute en la cosecha. La deficiencia de potasio reduce grandemente el rendimiento de los cultivos. En efecto, fuertes reducciones de rendimiento pueden aparecer sin que aparezcan síntomas de deficiencia. La deficiencia de potasio se asocia con una disminución de la resistencia de la planta a las enfermedades, en el vigor de las plantas. Desde luego, los principales efectos de una deficiencia de potasio sobre el crecimiento de la planta y calidad del producto resultan de aberraciones fisiológicas en el interior del sistema de la planta. Una deficiencia de potasio, por ejemplo, altera la actividad de la invertasa, diastasa, peptasa y catalasa en la caña de azúcar. La fotosíntesis decrece con una insuficiencia de potasio, mientras al mismo tiempo la respiración puede incrementarse. Esto reduce seriamente la formación de carbohidratos y, por consiguiente, el crecimiento de la planta. (4, 23, 26)

2.11 **MARCO REFERENCIAL**

2.1.10 Geografía de Sumpango

2.1.10.1 Extensión

Sumpango es un municipio del departamento de Sacatepéquez en Guatemala. Sumpango cuenta con un área de 55 kilómetros cuadrados, y más de 45 mil personas habitan en sus 8 aldeas.

2.1.10.2 Distancia

Cuenta con carretera asfaltada, Interamericana CA-1 que pasa a orillas del pueblo. Ubicado a una distancia de 42.5 Kilómetros de la ciudad Capital.

2.1.10.3 Limites de colindancia

Sumpango colinda con los siguientes Municipios: al Norte Santo Domingo Xenacoj; Al Este Santiago y San Bartolomé Milpas Altas; al sur Pastores y Jocotenango; al Oeste El tejar Chimaltenango.

2.1.10.4 Hidrografía

El río los encuentros nace a cinco kilómetros de la cabecera municipal. Que es la que abástese de agua potable a la población.

2.1.10.5 Topografía

El municipio de sumpango es montañoso excepto en el área plana llamada de los Planes que se encuentra situada en el poniente del municipio. En Sumpango la altura promedio es de 1890 msnm. El terreno es bastante inclinándose y quebradizo; el clima es generalmente de templado a húmedo seco. (16)

2.12 **OBJETIVOS**

2.1.11 **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de potasio y Calcio sobre la incidencia de *Fusarium axysporium f. sp. pisi*. en Arveja China (*Pisum Sativum L*). en Sumpango, Sacatepéquez, Guatemala.

2.1.12 **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la aplicación de Calcio en el número y velocidad de infecciones causadas por *Fusarium axysporium f. sp. pisi* en la población de arveja china (*Pisum sativum L*). variedad *Atitlán 902*.

Evaluar el efecto de la aplicación de potasio en el número y velocidad de infecciones causadas por *Fusarium axysporium f. sp. pisi* en la población de arveja china (*Pisum sativum L*). variedad *Atitlán 902*.

Evaluar el efecto de la aplicación de Calcio y potasio en el número y velocidad de infecciones causadas por *Fusarium axysporium f. sp. pisi* en poblaciones de arveja china (*Pisum sativum L*). variedad *Atitlán 902*.

2.13 **HIPÓTESIS EXPERIMENTAL**

H₀=HIPÓTESIS NULA

No existe diferencia significativa en la incidencia de la marchitez de la arveja en todos los tratamientos un nivel de significancia de 95% hasta la fecha de inicio de corte.

H₁=HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Al menos un tratamiento presentara diferencia significativa en la incidencia de la enfermedad del marchitamiento causada por *Fusarium axysporium* f. sp. *pisien* la arveja china con un nivel de significancia del 95% hasta la fecha del inicio de corte.

2.14 **METODOLOGÍA.**

2.1.13 **Identificación de los patógenos presentes en el campo**

Se procedió a recolectar muestras y enviarlas al laboratorio de fitopatología de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para su determinación, los resultados obtenidos del laboratorio fueron los siguientes: *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium Solani* y *Fusarium axysporium f. sp. pisi*. (Anexo F.) Observando la presencia de los patógenos que existen en el suelo, se identificó a *Fusarium axysporium f. sp. pisi* para el estudio realizado por su alta especificidad al cultivo.

2.1.14 **Material experimental**

Se utilizó arveja china variedad *Atilán 902*. Planta diseñada para adaptarse a diferentes altitudes, el periodo vegetativo duró 70 días, la floración ocurrió a los 52 días, iniciando 7 a 14 días antes con la formación de brotes florales, el periodo de cosecha comenzó, a los 65 días después de la siembra. La cosecha en esta variedad tiene una duración de 5 semanas (35 días), con un rendimiento aproximado de 15,900 Kg/ha. La producción de flores está relacionada con la producción de vainas. Se adapta a una gran variedad de suelos, prefiriendo los francos arcillosos, fértiles y profundos, bien drenados, pH comprendido entre 5.5 y 6.7, la siembra puede realizarse durante todo el año con riego. La longitud de la vaina en promedio es de 10 cm.

2.1.15 **Características de la variedad atilán 902**

- a) Adaptabilidad zonas medias y altas
- b) Alto potencial de rendimiento cultivado a altas densidades.
- c) Bajo porcentaje de plantas fuera de tipo
- d) Planta vigorosa con tallo grueso
- e) Espacio entre nudos corto (mayor número de racimos florales)

- f) 3 vainas por racimo (en condiciones favorables)
- g) Alto aprovechamiento de vainas en el empaque.
- h) Color verde oscuro de la vaina (ideal para mercado fresco). (14)

2.1.16 Desinfestación del suelo

El suelo se desinfectó por medio de la aplicación de agua caliente. Para esto se aplicó en el suelo de las cubetas agua hirviendo, en la proporción de 10 litros por cubeta. El tratamiento eliminó plagas, incluyendo patógenos y malezas, y su efectividad duró el periodo de los tres meses del experimento. Las temperaturas alcanzadas en el suelo fue de 80 °C. Además después de ser desinfectadas se cubrió las macetas con bolsas plásticas de dos en dos, esto por un periodo de 6 días. (22)

2.1.17 Fuentes de fertilizantes utilizados

2.1.17.1 Ácido fosfórico:

El ácido fosfórico grado agrícola, contiene el 85% de Fosforo, se utilizó para acidular el fosfato mineral, para convertirlo en superfosfato triple. Se aplicó directamente al suelo, añadido al agua de irrigación, las dosis aplicadas fue de 61 Kg/ha para todos los tratamientos excepto el testigo absoluto.

2.1.17.2 Urea:

Contiene el porcentaje más alto de Nitrógeno de entre cualquier material sólido corrientemente utilizable (46%), se utilizó para balancear las soluciones y que todas poseyeran 233Kg/ha de Nitrógeno.

2.1.17.3 Nitrato de Calcio:

Es un producto muy higroscópico. Esta propiedad perjudica su conservación, pero resulta muy útil para facilitar su absorción. Se aplicó mezclado en el agua de riego en dos concentraciones diferentes, la primera consistió en aumentar su cantidad en 33.3%, esto quiere decir que en la empresa se inicio con la aplicación de nitrato de Calcio en una dosis de 21 Kg/ha, con la nueva dosis aumentada la aplicación fue de 28 Kg/ha.

2.1.17.4 Nitrato de potasio:

Es fisiológicamente alcalino, en un efecto sobre el pH del suelo. Encuentra su utilización mayor como material de abono para cultivos especiales que responden a aplicaciones de potasio, este producto se aplicó mezclado con el Nitrato de Calcio en el agua de riego; la dosis aplicada por la empresa era de 46 Kg/ha y se aumentó en un 19.5% lo cual representó un aumento de 9 Kg/ha, por lo que la dosis es de 55Kg/ha. (21, 26, 28)

2.1.18 Formulación de medio de cultivo

Las muestras se obtuvieron en campos circunvecinos a la planta donde se realizó el experimento, fueron transportadas hacia los laboratorios de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, procediendo a preparar los medios de cultivos y propagar el inóculo, aislar el patógeno, purificación del patógeno y reproducción masiva del mismo.

Para lograr el desarrollo y propagación del patógeno se utilizaron dos sustratos diferentes, el más utilizado para trabajos referentes a *Fusarium Axysporium*, ya que es un medio selectivo para este hongo el cual es el PDA (Papa Dextrosa Agar). Y el medio líquido Kerr, empleado para incrementar poblaciones de especies de *Fusarium Axysporium* e inducir la producción de microconidias y macroconidias. (Anexo B)

2.1.19 Preparación del inóculo

El inóculo del hongo se obtuvo de plantas enfermas provenientes de los terrenos de la empresa, ubicados en el kilómetro 40 carretera interamericana, Sumpango, Sacatepéquez. A las muestras obtenidas se aplicó la metodología utilizada en el laboratorio de fitopatología de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. A las muestras se sometió a un lavado para eliminar restos de tierra u otros contaminantes, la cantidad de plantas seleccionadas para obtener el patógeno fueron quince las cuales presentaban la sintomatología en el campo, de estas se procedió a seleccionar las zonas que presentaban síntomas de la enfermedad, en este caso era presencia de manchas necróticas y al realizar un corte longitudinal se observaba clorosis en los haces vasculares y en áreas teñidas de un color rojizo púrpura, se procedió a obtener trozos para el aislamiento del patógeno.

2.1.19.1 Aislamiento del patógeno

Para el aislamiento del patógeno se procedió a eliminar los restos de suelo o sustrato adheridos al cuello, raíces y zonas afectadas. Seguidamente se obtuvieron trozos pequeños de 5 mm, de las quince plantas seleccionadas, se obtuvieron 50 trozos. Se utilizó el Tren de desinfección el cual está compuesto por cinco vidrios de reloj, en donde el primero contiene agua estéril al igual que el tercero y el quinto, el segundo vidrio contiene una solución de hipoclorito de sodio al 5% de solución comercial y el cuarto contenía alcohol al 70%. El material a desinfectar se pasó 30 segundos por cada vidrio.

Al terminar el material se colocó sobre papel esterilizado húmedo dentro de una caja petrí. En la cámara de transferencia se procedió a sembrar el material infectado en forma equidistante 4 ó 5 trozos por cajas de Petri que contenga PDA (agar-papa- dextrosa), previamente esterilizada en autoclave a 120 lbs/pulg² por 45 minutos y sellando cada placa con plástico parafilm.

Se identificó cada placa y dejó en incubación por 4 días a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en completa oscuridad. La caja con el material se revisó y en cuando se dio el crecimiento micelial en la lesión, se

trasladó usando una aza y aguja esterilizada a la llama. Obteniendo a las cajas No. 2 y 4 para obtener el inóculo y purificarlo. (19)

2.1.19.2 Purificación del patógeno

Luego de haber sembrado en forma aséptica los trozos en Medio Selectivo de fusarium.

Se revisaron los cultivos mediante microscopía, utilizando el libro de “Illustrated genera of imperfect fungi”, tercera edición, del laboratorio de fitopatología de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos; realizando una preparación en portaobjeto y se determinó la presencia de *Fusarium* sp. Además esto ratificó lo que el análisis de patógenos que se tenía (Anexo F). La muestra se diagnosticó como positiva al hongo en la caja 2 y 4, las demás se descartaron por contaminación de la muestra.

Se trasladó a 15 tubos de ensayo para purificar el patógeno dejándole crecer. La siembra del inóculo en los tubos de ensayo se realizó en la cámara de transferencia. El tiempo de crecimiento micelial fue de 7 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ en completa oscuridad. De los quince tubos de ensayo utilizados para la purificación 2 fueron los seleccionados para la preparación del inóculo para el proceso de incrementar masivamente el patógeno.

2.1.19.3 Incremento del patógeno

Los aislamientos antes señalados se cultivaron en medio Kerr para su incremento masivo. El cual es un medio selectivo para fusarium, que estimula la formación de macronoidias y microconidias. Después de 28 días de crecimiento, se elaboró el inóculo. Se prepararon 4 litros del sustrato divididos en 7 Erlenmeyer de 1000cc a los cuales se dio 600cc del sustrato. Se procedió a extraer en la cámara de transferencia el inóculo de los tubos de ensayo y se sembró en el nuevo cultivo a temperatura ambiente y con luz, la suspensión resultante se tornó de color rojizo naranja, utilizando una cámara Neubauer o hematocimetro se procedió al conteo de conidios dando los siguientes resultados: en los primeros 7 días solo produjo micelio, a los 16 días se inició a observar las células conigénicas, se realizó el primer conteo de inóculo infectivo el cual dio como resultado 35,000 conidios entre micro y macroconidios; a los 21 días se observó mayor presencia de

microconidios y macronidios, en este periodo de tiempo se realizó el segundo conteo de inóculo infectivo que poseía la suspensión dando como resultado 125,000. Para el tercer conteo la cantidad de micro y macroconidios había ascendido a 512,500;. En el conteo fue de 3,250,000 esto al licuar el contenido de los elenmeyer. Esta suspensión microconidial tenía que ser superior al 1×10^6 . En donde la concentración de inóculo se considera como la presión de inóculo que asegura una infección y un desarrollo adecuado de la enfermedad. (5, 6, 12,22)

2.1.20 Inoculación

Para realizar la inoculación del patógeno se utilizaron cuatro tubos plásticos esterilizados de 5 mm de diámetro, estos se colocaron alrededor de las plantas a una profundidad de 3 cm de tal manera que la suspensión de microconidias y macroconidias entrará en contacto con las raíces. Se agregaron 40 ml de suspensión microconidial por maceta, esto hizo un total de 4lit para el ensayo. La inoculación se realizó a los 39 días después del momento de la siembra, periodo en el cual la planta esta susceptible al ataque del hongo. (20, 12)

2.15 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

2.1.21 TRATAMIENTO TESTIGO ABSOLUTO (T0)

T0 ó testigo absoluto es el tratamiento de referencia, en el cual no se realizó la aplicación de fertilizantes utilizados en la investigación, tales como: Nitrato de potasio, Nitrato de Calcio, Urea y/o ácido fosfórico. En el tratamiento sólo se llevaron las practicas agronómicas tales como: riego, la limpieza o desyerbado y el control de plagas.

Además en el suelo de las macetas no se le realizó el tratamiento de desinfestación.

2.1.22 TRATAMIENTO FERTILIZACIÓN NORMAL (TN)

El Tratamiento *TN* es el Testigo 2, En este tratamiento se aplicó: 70 Kg de Nitrógeno, 30 Kg de Fosforo, 46 Kgde potasio y 21 Kg de Calcio, todo esto por hectárea. Los fertilizantes

se aplicaron mediante soluciones nutritivas, disolviendo las fuentes de los elementos a evaluar (Nitrato de Calcio, Nitrato de potasio) y las fuentes de los otros elementos que no se encontraban bajo evaluación (Urea y Ácido fosfórico) en soluciones separadas, se disolvieron en un litro de agua y posteriormente diluyéndolas para obtener la concentración requerida, se realizaron 4 mezclas por la compatibilidad de los fertilizantes. La cantidad de kilogramos por hectárea de cada elemento que se aplicó para el tratamiento fue en base a lo aplicado por la empresa para un ciclo del cultivo.

2.1.23 TRATAMIENTO AUMENTO De potasio (TK)

El tratamiento TK consistió en aumentar la dosis de 46 Kg/ha de potasio, aplicada por la empresa, en un 19.5% proveyendo al cultivo de 55 Kg/ha de potasio. La cantidad de Fosforo, Calcio y Nitrógeno fueron constantes en el tratamiento. Para aportar dichos elementos se utilizaron las siguientes fuentes: Nitrato de potasio (K), Nitrato de Calcio (Ca), Ácido fosfórico y Urea. El manejo agronómico tal como: riego, la limpieza o desyerbado, el control de plagas y el tratamiento de desinfestación de suelo fue una constante para los tratamientos subsiguientes.

2.1.24 TRATAMIENTO AUMENTO DE CALCIO (TCa)

El tratamiento TCa consistió en aumentar la dosis de 21 Kg/ha de *Calcio*, aplicada por la empresa, en un 33.3% proveyendo al cultivo de 28 Kg/ha de potasio. La cantidad de Fosforo, potasio y Nitrógeno fueron constantes en el tratamiento. Para aportar dichos elementos se utilizaron las siguientes fuentes: Nitrato de potasio (K), Nitrato de Calcio (Ca), Ácido fosfórico y Urea. El manejo agronómico tal como: riego, la limpieza o desyerbado, el control de plagas y el tratamiento de desinfestación de suelo fue una constante para los tratamientos subsiguientes.

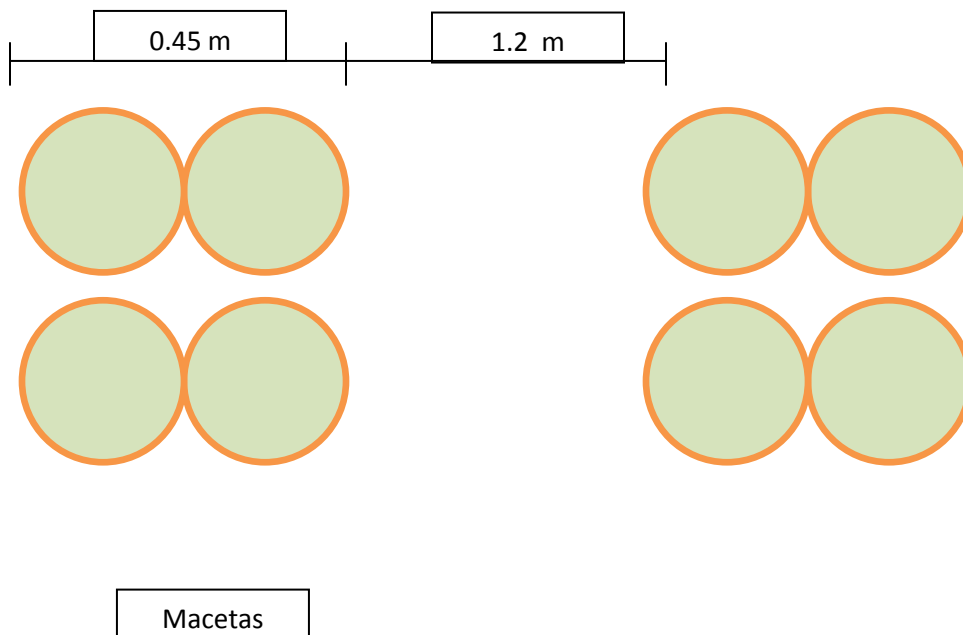
2.1.25 TRATAMIENTO AUMENTO DE CALCIO Y potasio (TCa-TK)

EL tratamiento TCa-K es la combinación del aumento de las dosis de potasio y de Calcio en una proporción de 19.5% y un 33.3% respectivamente. (20, 25, 24)

Cuadro 5 Arreglo de la distribución espacial de los tratamientos en el campo, colocando de derecha a izquierda las columnas identificadas de 1 a 5 y en el lado izquierdo los reglones identificados de "A" a "B". (20, 25, 24)

Reglón/Columna	5	4	3	2	1
A	Ca y K	T0	Ca	TN	K
B	K	TN	T0	Ca y K	Ca
C	Ca	Ca y K	K	T0	TN
D	TN	K	Ca y K	Ca	T0
E	T0	Ca	TN	K	Ca y K

Figura 8 Arreglo de las cuatro macetas por reglón y columna por cada uno de los tratamientos.



2.16 **DISEÑO EXPERIMENTAL**

2.1.26 Descripción del experimento

El experimento se realizó en los terrenos circunvecinos a la planta empacadora, GHORTEX S.A. ubicada en el kilómetro 40 carretera a Chimaltenango, municipio de Sumpango, Sacatepéquez, el experimento se realizó en cubetas de un volumen de 5 litros de capacidad, las cuales contaron con un plato bajo la maceta, el cual funcionó como aislante entre las macetas y el suelo, otra barrera física que se instaló para evitar el contacto con el suelo fue la colocación de polipropileno color blanco grueso. Cada unidad experimental estuvo conformada por una maceta, que contó con cuatro plantas. Por cada tratamiento se utilizó 20 macetas en un total de 80 plantas por tratamiento. Se usaron un total de 100 macetas. En las cuales se dispusieron en un diseño experimental de Completamente al Azar, en donde se contó con cinco columnas y cinco filas, en cada una de las celdas contenían uno de los 5 tratamientos, en donde cada uno de los tratamientos aparece una sola vez en cada reglón y columna. Cada tratamiento estaba formado por grupos de cuatro macetas en cada fila o columna. (5, 19)

2.1.27 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, n \end{array}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

2.17 **VARIABLES EVALUADAS**

2.1.28 Incidencia

Se realizaron lecturas cada ocho días en donde se contaron las plantas enfermas por unidad experimental a partir de los 40 días después de siembra, momento de la inoculación y en el cual las plantas son más susceptibles al ataque del patógeno hasta los 70 dds, cuando la planta entra en producción. Se tomó nota de las que presentaban síntomas de la enfermedad y se marcaron con una paleta de color. Los muestreos se realizaron durante 4 semanas después de la inoculación a los 45, 54, 64, 71 días después de siembra hasta el momento del primer corte en la plantación.

El total de plantas por tratamiento, distribuidas en 20 macetas, 4 por cada bloque y reglón, teniendo el número total de plantas por parcela y refiriendo a este la incidencia de cada tratamiento, se determina el porcentaje de plantas infectadas dentro del tratamiento; los datos de cada lectura de incidencia se acumularon para que al final se obtuviera una incidencia acumulada. Para determinar esta incidencia se utilizó la ecuación:

Porcentaje de Incidencia

$$\%I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas por unidad experimental}} * 100$$

%I= Porcentaje de incidencia

Con los datos obtenidos de incidencia acumulada en cada unidad experimental, se elaboraron curvas de progreso con los porcentajes de incidencia para tener idea del comportamiento de la enfermedad. (6, 20)

Para la determinación de tasa de crecimiento de la epidemia se utilizó la ecuación:

$$QR = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left(\log_{10} \frac{1}{1 - x_2} - \log_{10} \frac{1}{1 - x_1} \right)$$

QR= Tasa de crecimiento de una epidemia de ciclo simple, siendo el producto por la tasa de crecimiento.

t1= Tiempo inicial de la epidemia.

t2= Tiempo final de la epidemia.

X1= Población inicial infectada.

X2= Población final infectada.

Esto no indica que el inóculo o la tasa de crecimiento sean constantes ya que el inóculo puede variar por muerte durante el ciclo o puede crecer saprofiticamente, por otro lado, la tasa de crecimiento puede variar por susceptibilidad o resistencia del huésped o por la aplicación de algún producto. (20)

2.1.29 Altura de las plantas

Se tomaron al azar dentro de la plantación por cada uno de los bloques y de los tratamientos, se tomó la altura, las lecturas de datos se realizó a los 25 y 70 dds, periodo comparativo para observar la evolución en la altura promedio de las plantas por cada uno de los tratamientos.

2.1.30 % Calcio y/potasio contenido en las plantas

Se tomaron 5 plantas al azar dentro de cada población de cada tratamiento como muestras se hizo un análisis de la cantidad de elementos en porcentaje que poseía cada lote, para observar si hay diferencia en la cantidad de potasio (K) y/o Calcio (Ca) que posee cada tratamiento, esto se hizo al final de la floración.

2.18 MANEJO AGRONÓMICO

2.1.31 Suelo

El suelo a utilizar se obtuvo de parcelas, de la empresa, en donde se había sembrado arveja china variedad Atitlán 902, el suelo fue desinfestado, según el procedimiento descrito arriba en el título desinfestación del suelo. (9.2)

El análisis químico realizado en el laboratorio de suelo-planta-agua de la Facultad de Agronomía, USAC, determino que el suelo de la parcela contiene 530 Kg/ha de potasio y el contenido de Calcio es de 3,244 Kg/ha; los miliequivalentes por cada 100 gramos (Meq/100 gr) que posee el suelo es de 0.72 Meq/100 gr de potasio (K) y 5.24 Meq/100 gr, siendo lo disponible en el suelo. La clase textural es Franco Arenoso, el pH es de 6.1 y el porcentaje de Materia Orgánica es de 2.28%. (Anexo E)

2.1.32 Manejo plagas

Se aplicaron insecticidas en las diferentes etapas fisiológicas de las plantas para el manejo de plagas, entre estas Mosca minadora, Trips sp., Spodoptera sp., Araña Roja y Aphidos. Las aplicaciones se realizaron una vez por semana. La cantidad utilizada de productos fue de cuatro litros para la parcela. Los productos utilizados fueron: Spinoace 12 SC (Spinosad), Proclaim 5 SG (Emamectin benzoate), Kung Fu 2.5 EC (Lambda-cyhalothrin) y Avamectina.

2.1.33 Fertilización

La fertilizantes aplicaron al suelo mediante soluciones nutritivas, una que contenía Urea como fuente de Nitrógeno, en esta solución se disolvió 100 gr de urea en un litro de agua, posteriormente se extraía la cantidad necesaria en mililitros para ser diluida y poder obtener la concentración y la cantidad a aplicar; la segunda contenía ácido fosfórico como fuente de Fosforo, se diluyo 100cc de ácido en un litro de agua. La solución de potasio (Nitrato de potasio) y Calcio (Nitrato de Calcio) era la variante en el experimento por lo que las mezclas se realizaban específicamente para cada tratamiento según la cantidad requerida para la fecha de cada aplicación. Las aplicaciones se realizaron cada semana, iniciando desde de la segunda semana después de germinadas y emergidas las plantas. Las dosis de cada semana fueron en aumento. (18)

2.19 **RESULTADOS Y DISCUSION**

El estudio se inició en la tercera semana de enero de 2010 con la siembra del inóculo de *Fusarium axysporium f. sp. pisi*, en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala; se procedió a la desinfestación del suelo en las macetas el 6 de febrero de 2010 y nueve días después se realizó la siembra de arveja china variedad Atitlán 902, a los ocho días emergieron las plántulas. El primer conteo de incidencia se hizo el día 40 después de la siembra, día en el que también se inoculó las macetas con el patógeno. Posteriormente se muestreó cada 8 días como se había programado.

2.1.34 **INCIDENCIA DE Fusarium Axysporium f. sp. pisi**

Los conteos realizados durante el experimento aportan los datos del comportamiento de la epidemia dentro de las poblaciones de arveja china (*P. sativum L.*) sometidas a los diferentes tratamientos con fertilizantes potásicos y cálcicos en manera individual, en combinación o la ausencia de ellos, proporcionando el número de plantas infectadas dentro de un periodo de tiempo de 32 días (Incidencia), siendo la variable principal o primaria del estudio y la cual se tomó en 5 conteos. El primero se realizó a los 40 días después de siembra (dds) y los posteriores se realizaron a cada ocho días hasta que la plantación inicio su producción, a los 70 dds. Durante el experimento se tomaron como plantas infectadas las que presentaban los siguientes síntomas: amarillamiento de las plantas, flacidez y clorosis en las hojas, marchitamiento y coloración rojiza en las hojas, características más comunes de la marchitez de la arveja que se pueden observar en los campos de cultivo.

De los cinco conteos realizados se anotaron y marcaron las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad en las macetas, obteniendo la incidencia total al final del experimento (Anexo A), permitiendo el análisis del comportamiento de la velocidad de infección (QR) y la significancia estadística del efecto de los tratamientos en la relación del hospedero frente a las infecciones del patógeno *F. axysporiumf. sp. pisi*.

En el cuadro 6 se presentan los datos de la incidencia acumulada en cada tratamiento en su respectiva casilla dentro del arreglo experimental; los datos en cada casilla representan el número de plantas infectadas, en donde cada tratamiento en global representa una población total y estas se dividían en cinco subpoblaciones.

Cuadro 6 Incidencia de la marchites causada por *Fusarium axysporiumf. sp.pisi* en plantas de arveja China en el arreglo experimental.

Filas / Columnas	5	4	3	2	1
A	5 _{TCa-K}	8 _{T0}	13 _{TCa}	13 _{TN}	8 _{TK}
B	9 _{TK}	11 _{TN}	11 _{T0}	13 _{TCa-K}	13 _{TCa}
C	12 _{TCa}	10 _{TCa-K}	13 _{TK}	11 _{T0}	14 _{TN}
D	13 _{TN}	10 _{TK}	10 _{TCa-K}	13 _{TCa}	14 _{T0}
E	8 _{T0}	10 _{TCa}	12 _{TN}	11 _{TK}	12 _{TCa-K}

Las poblaciones variaban en el número de plantas por lo que se procedió a calcular el porcentaje de cada subpoblación infectada con respecto a la población total, esto permitió homogenizar los datos los cuales se sometieron al análisis de varianza.

En el siguiente cuadro se observan los porcentajes de los datos presentados en el cuadro 6, indicando los tratamientos distribuidos dentro del arreglo espacial de columnas y filas, no repitiéndose ninguno en una misma columna o reglón. El cálculo de los porcentajes para las subpoblaciones infectadas de cada tratamiento se realizó mediante la ecuación:

$$\%I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas por unidad experimental}} * 100$$

La población total se construyó con la suma de las plantas vivas en todas las casillas del mismo tratamiento y la subpoblación infectada la conformaron las plantas de arveja que presentaban los síntomas de la marchitez, por lo que los porcentajes observados en la casillas es la fracción de plantas infectadas dentro de la población total.

Cuadro 7 Porcentaje de Incidencia de la marchites causada por *Fusarium axysporiumf. sp.pisien* plantas de arveja China en el arreglo experimental.

Filas / Columnas	5	4	3	2	1
A	7,69 _{TCa-K}	14,04 _{T0}	18,57 _{TCa}	17,81 _{TN}	11,59 _{TK}
B	13,04 _{TK}	15,07 _{TN}	19,30 _{T0}	20,00 _{TCa-K}	18,57 _{TCa}
C	17,14 _{TCa}	15,38 _{TCa-K}	18,84 _{TK}	19,30 _{T0}	19,18 _{TN}
D	17,81 _{TN}	14,49 _{TK}	15,38 _{TCa-K}	18,57 _{TCa}	24,56 _{T0}
E	14,04 _{T0}	14,29 _{TCa}	16,44 _{TN}	15,94 _{TK}	18,46 _{TCa-K}

En el cuadro 7 se puede observar que el tratamiento *TK* posee los menores porcentajes de infección por cada subpoblación y el tratamiento de *T0* es el que posee los porcentajes más altos. Con los datos homogenizados se procedió a realizar el análisis de varianza (ANDEVA) utilizando un nivel de significancia del 5 %.

Cuadro 8 ANDEVA para el porcentaje de incidencia total de *Fusarium axysporiumf. sp..Pisibajo* la evaluación de 5 tratamientos

ANDEVA					
Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
% de Incidencia	24	0,17	0	17,47	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33,15	4	8,29	0,96	0,4519
Tratamiento	33,15	4	8,29	0,96	0,4519
Error	164,01	19	8,63		
Total	197,15	23			

En el cuadro 8 se observa que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ya que el *p-valor* es mayor al 0.05%, por lo que se acepta la hipótesis nula, la cual dice que todos los tratamientos no presentan diferencia significativa en los niveles de incidencia de la enfermedad con un nivel de significancia de 5% hasta la fecha de inicio de

corte. Indicando que al final del experimento el número de infecciones en cada tratamiento es similar, sin tener ninguna diferencia estadística. Como se nota en el cuadro 9 los porcentajes acumulados reflejan cierta diferencia una de las otras.

Cuadro 9 Incidencia acumula por cada tratamiento

Tratamiento	Total del Tratamiento	
Testigo absoluto (<i>T0</i>)	Y.1.=	91.23 %
Aplicación dosis normales (<i>TN</i>)	Y.2.=	86.30 %
Aplicación de aumento de dosis de Ca (<i>TCa</i>)	Y.3.=	87.14 %
Aplicación de aumento de dosis de K (<i>TK</i>)	Y.4.=	73.91 %
Aplicación de aumento de dosis de Ca y K (<i>TCa-K</i>)	Y.5.=	76.92 %

Los resultados presentados por el cuadro 9 muestran los porcentajes de la incidencia acumulada en cada tratamiento, los datos obtenidos se graficaron para observar el comportamiento de cada tratamiento comparándolos entre ellos.

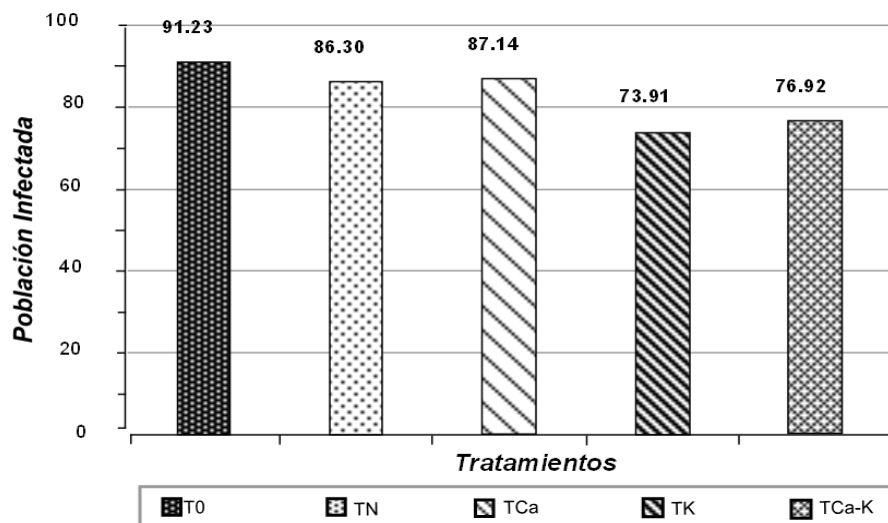


Figura 9 Comparación del porcentaje de infección acumulada de cada tratamiento

En la figura 9 compara los porcentajes de la incidencia en cada población de los cinco tratamientos. Dando con un menor porcentaje de incidencia al tratamiento *TK* el cual es de 73.91 %, siendo el segundo mejor el tratamiento *TCa-K* en donde la combinación de los elementos evaluados da como resultado un 76.92% de incidencia, los tratamientos de *TCa* y *TN* son similares sin mayor diferencia con un porcentaje de 87.14% y 86.30% respectivamente, y poseyendo el mayor porcentaje el tratamiento de testigo absoluto (*T0*) con un 91.23%, habiendo una diferencia de un 14.31% de diferencia entre el primero y el ultimo. Como ya se mencionó esto no es significativo estadísticamente, pero representa una mejora en la plantación con la aplicación de potasio frente a no aplicar dicho elemento. Esto indica que en los tratamientos donde se aumentó en un 19.5% de potasio aplicando 55 Kg/ha, la incidencia disminuyó en un 14.31%. Se observa que entre el tratamiento *TK* y el tratamiento *TCa-K* existe una diferencia de 3.01% indicando que existe interferencia entre el Calcio y el potasio, esto de acuerdo con la premisa que indica que para estos elementos pueden ser antagónicos o sinérgico, indicando a nivel foliar que a altas concentraciones foliares de Calcio y/o Magnesio corresponden con bajas concentraciones de potasio y viceversa.

2.1.35 ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LA EPIDEMIA DE *Fusarium oxisporum f. sp. pisi*.

El análisis temporal de la dinámica de la epifitía de *Fusarium oxisporum f. sp. pisi*. Estadísticamente no se muestra diferencia significativa por lo que no se realizó prueba de medias Tukey, sin embargo se procedió a realizar el respectivo análisis epidemiológico.

La velocidad de infección varía por la influencia del medio ambiente y/o por la interacción del ser humano, ya que el diseño estadístico bloquea los factores externos al experimento (ambiente), la única diferencia era la aplicación de diferentes dosis de potasio y Calcio para los cinco tratamientos basándose en la premisa expuesta por Van der Plank en los análisis hechos basados en los datos tomados en el trabajo de Young en la marchitez del algodón en 1963, donde indica que la aplicación de potasio reduce la tasa de incremento de la enfermedad de 1 infección por cada 200 por día a 1 infección por cada 1000 por día. Es decir que no murieron 4 plantas de cada 1000 nuevas infecciones debido a la

aplicación del potasio. Para observar el comportamiento de cada tratamiento, en lo que respecta al porcentaje de incidencia respecto al tiempo se elaboró el cuadro 10.

Cuadro 10 Porcentajes acumulados de la incidencia de fusarium por cada muestreo.

Tratamiento	Fechas de muestreos				
	26/03/2010	31/03/2010	09/04/2010	19/04/2010	26/04/2010
	40dds	45 dds	54 dds	64 dds	71 dds
Testigo absoluto	0,00	45,61	61,40	85,96	91,23
Tratamiento Normal	0,00	38,36	46,58	83,56	86,30
Aumento de Calcio	0,00	35,71	47,14	81,43	87,14
Aumento de potasio	0,00	24,64	33,33	53,62	73,91
Aumento de Calcio ypotasio	0,00	35,38	40,00	72,31	76,92

El cuadro 10 presenta los porcentajes acumulados de la incidencia de *F. axysporium* en la población de cada tratamiento por cada uno de los muestreos.

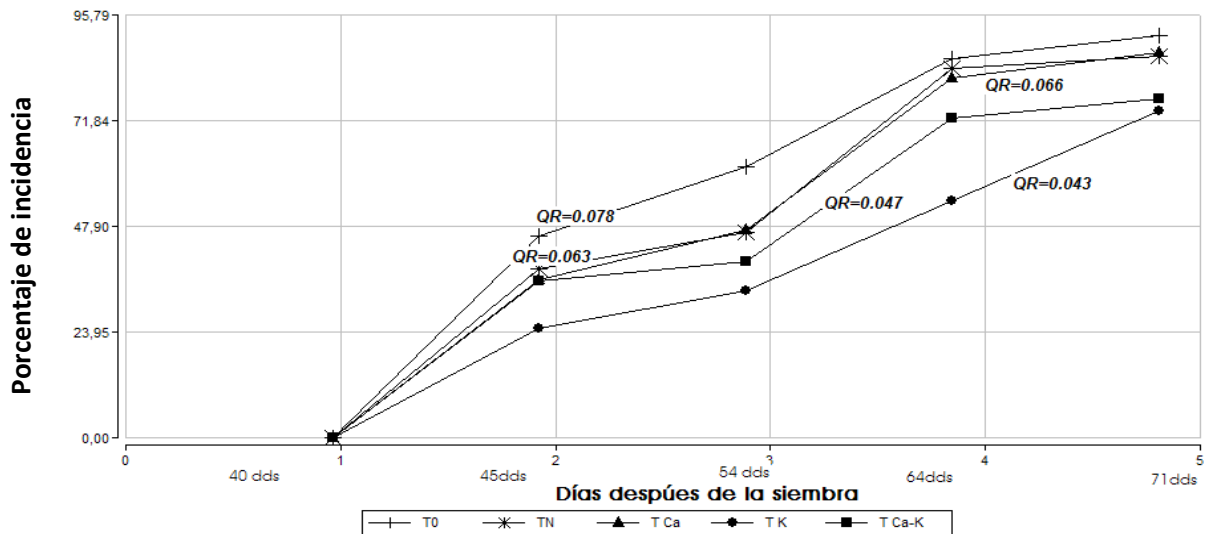


Figura 10 Curvas de la dinámica de infección dentro de la población

Cuadro 11 Área bajo la curva y modelos de regresión de las curvas de la dinámica de infección.

Tratamiento	Área bajo la curva	Modelo de regresión	R ²
Testigo absoluto	2,964.563	$Y = 22.28X - 10.00$	0.917
Tratamiento Normal	2,918.086	$Y = 21.78X - 14.78$	0.932
Aumento de Calcio	2,618.257	$Y = 22X - 15.71$	0.952
Aumento de potasio	1,510.014	$Y = 17.68X - 15.94$	0.984
Aumento de Calcio y potasio	2,342.277	$Y = 19.07X - 12.30$	0.931

Las curvas de la dinámica de la infección de *F. axysporium*, contenidas en la figura 10 indican el comportamiento del avance de la epidemia dentro de la población de plantas de cada tratamiento, esto en un espacio de tiempo de 31 días, donde la curva más alta es la del testigo absoluto y muestra que durante el periodo de tiempo señalado los porcentajes de infección fueron más altos. El cuadro 11 muestra el área bajo la curva permitiendo obtener el dato de la laguna epidemiológica, obteniendo las proporciones del tamaño de dicha curva en porcentajes dando como resultado lo siguiente: al comparar el tratamiento *T0* con el tratamiento *TK* se observa que la diferencia o laguna epidemiológica equivale a 49.07% más grande para el área de la curva de *T0*, las curvas de los tratamientos *TK* y *TN* la diferencia marca un 48.36% mayor que la curva con menor área bajo la curva la cual es la del tratamiento *TK*; para la comparación del tratamiento *TK* frente al tratamiento *TCa* señala que posee una diferencia de 42.33% más, y finalmente la comparación de la laguna epidemiológica entre el tratamiento *TK* y el tratamiento *TK-Ca* es de 35.53%, esto indica que el tratamiento que mostro menor porcentajes de infecciones fue la aplicación de potasio con una dosis de 55 Kg/ha. El segundo mejor como se observó en la figura 10 es el tratamiento de *TCa-K* dejando a los tratamientos de *TK* y *TCa* con un comportamiento muy similar durante el tiempo señalado. Dado que todos los tratamientos obtuvieron ventaja sobre el Tratamiento *TK*, se muestra que la diferencia epidemiológica

establecida por la aplicación de potasio disminuye la velocidad de nuevas infecciones. El análisis que se presenta a continuación muestra detalles específicos de cada curva en respecto a la velocidad de crecimiento en un lapso de tiempo determinado por los muestreos.

2.1.36 TASA DE CRECIMIENTO DE *Fusarium axysporiumf. sp.pisi* POR TRATAMIENTO

Como parte del análisis, el cálculo de la tasa de crecimiento QR de la epidemia permite conocer la cantidad de plantas infectadas diariamente por cada 100 dejando entrever la velocidad de infección de cada tratamiento, esto indica que estadísticamente no existe una diferencia significativa en la incidencia final, pero que si existe una diferencia epidemiológica en la tasa de crecimiento de las infecciones.

Cuadro 12 QR (índice de crecimiento de la epidemia) y porcentajes de infección diaria

	Tratamiento	QR	Porcentaje
Testigo absoluto		0.078	7.8
Tratamiento Normal		0.063	6.3
Aumento de Calcio		0.066	6.6
Aumento de potasio		0.043	4.3
Aumento de Calcio y potasio		0.047	4.7

El análisis del cuadro 12, utilizando la metodología descrita en el análisis del índice de crecimiento de la epidemia (QR), donde se calcula el QR para cada tratamiento en un periodo de tiempo de 31 días en donde el porcentaje de infección por día de plantas para el tratamiento *T0* es de 7.8% mostrando que sin aplicación de potasio al cultivo, diariamente se están infectando 7.8 plantas de cada 100; por otra parte se indica al tratamiento *TK* y el tratamiento *TCa-K* como los mejores tratamientos, siendo infectadas **4.3** plantas por cada 100 diariamente y **4.7** respectivamente, en el caso de los tratamientos de *TCa* y *TN* los porcentajes de infección fueron de **6.6** y **6.3** respectivamente, por lo que la aplicación de potasio o la combinación de Calcio y

potasio en dosis elevadas al 19.5 % para potasio y 33.3% para Calcio de la dosis aplicada en la empresa (descrito en la metodología), reducen la tasa de incremento de la enfermedad de 3 infecciones menos, esto de acuerdo por lo descrito por Van der Plank en 1963 en donde indica que la aplicación de potasio en plantaciones de algodón redujo la tasa de incremento de la enfermedad de 1 infección por cada 200 por día, diciendo que no murieron 4 plantas de cada 1000 nuevas infecciones debidas a la aplicación de potasio.

Como se vio en la parte del análisis de incidencia, el índice de crecimiento de la enfermedad para el tratamiento *T0* era de 7.8% de infecciones de plantas por día de y para el tratamiento de *TK* era de 4%, basados en estudios realizados en el 2009, bajo las nuevas condiciones y tecnologías de siembra, se obtiene una densidad de siembra de aproximadamente 21.25 plantas/m², esto quiere decir que por hectárea existen 212,500 plantas, siendo esto así para el testigo absoluto, alrededor de 16,575 nuevas infecciones por día, situación que se observa en las regiones del altiplano, en donde se pierden cultivos completos, en suelos donde el monocultivo se a dado por años. Para el tratamiento *TK* esta alrededor de 9,137 nuevas infecciones diarias por hectárea, la cifra sigue siendo alta, sin embargo representa una disminución de 7438 infecciones diarias o lo que es 30 infecciones entre cada 1000 nuevas infecciones, esto que representa alrededor de 300 m² que tienen posibilidad de producir, para la variedad atitlán.

Esta ventaja que representa la aplicación de potasio para aumentar la resistencia de las plantas contra la enfermedad, viene a cumplir con la parte social y ecologica de la agricultura, además se apega a lo estipulado por las normativas internacionales, que restringen una gran cantidad de productos y los niveles residuales permitidos, ya que los fertilizantes poseen un periodo de carencia de 1 día, y es restringida su aplicación durante el momento de cosecha, teniendo como periodo a cosecha de cero días.

2.1.37 ALTURA DE PLANTAS

Se realizaron tres muestreos para obtener el promedio de las alturas, teniendo este aspecto como atributo en la sanidad de la planta bajo el efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos sobre el desarrollo de la planta (hospedero).

El parámetro de la altura indica si la aplicación de potasio y/o Calcio causó diferencia en su crecimiento, esto debido a que una característica de la infección es crear achaparramiento, además de que al metabolizar el potasio las plantas adquieren mayor turgencia y altura de las plantas, el efecto se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13 Promedios de altura de plantas en centímetros de los tratamientos

	Columna 1 cm	Columna 2 cm	Columna 3 cm	Columna 4 cm	Columna 5 cm
Testigo absoluto	18,5	25,25	28,25	12	23,25
Tratamiento Normal	22,75	20,75	24,75	17	28,75
Aumento de Calcio	23	26,5	23,75	21,75	20
Aumento de potasio	22,75	29	27,25	26	28
Aumento de Calcio y potasio	29,25	27,5	27,25	28,25	24

En el cuadro 13 se presentan los promedios de la altura en plantas obtenidas en el muestreo, se procedió a realizar el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 14 Análisis de varianza de la variable altura de las plantas bajo los 5 tratamientos

ANDEVA					
Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Altura cm	25	0,3	0,16	16,03	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	130,12	4	32,53	2,16	0,1109
Tratamiento	130,12	4	32,53	2,16	0,1109
Error	301,3	20	15,07		
Total	431,42	24			

En análisis de varianza contenido en el cuadro 14, muestra que bajo un nivel de significancia del 5% no existe una diferencia significativa, esto en la aplicación o no de potasio o Calcio en la población de plantas en lo que respecta a su altura.

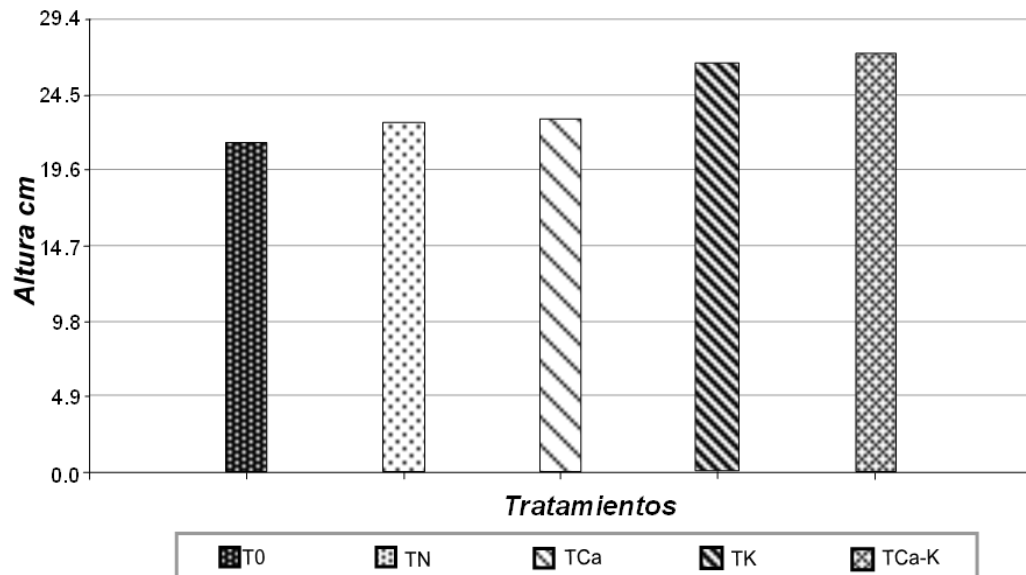


Figura 11 Comparación del promedio de la altura de las plantas por cada tratamiento

En la figura 11, en donde se muestra la comparación de los promedios de las alturas de las plantas, para los cinco tratamientos. En esta figura 11 se puede observar en forma ascendente el orden de los tratamientos, en donde el testigo absoluto (*T0*) presenta el promedio más bajo con 21.45 cm, mientras que para los dos mejores tratamientos siguen siendo el tratamiento de aumento de potasio, con 26.6 cm en promedio de altura y el tratamiento que combina el aumento de potasio y Calcio con un promedio de altura de 27.25 cm, con lo cual existe un 21% más de altura; esto deja a los tratamientos identificados con TN y TCa en un promedio de altura de 23 cm aproximado para ambos.

2.1.38 PORCENTAJE De potasio Y CALCIO CONTENIDO EN LAS PLANTAS

Luego de haber analizado el comportamiento de la altura de las plantas y la incidencia del patógeno con respecto de los cinco diferentes tratamientos, se observará el comportamiento de los elementos en estudio (Ca y K) dentro de la planta para cada uno

de los tratamientos; además la relación entre otros elementos como: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Magnesio (Mg).

Cuadro 15 Análisis foliar del % de N, P, K, Ca y Mg en las plantas de cada tratamiento

Tratamiento	Porcentaje				
	N TOTAL	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Testigo absoluto	3,41	0,26	3,44	1,06	0,31
Tratamiento Normal	3,31	0,32	3,13	1,00	0,31
Aumento de Calcio	3,98	0,37	3,19	0,94	0,34
Aumento de potasio	2,64	0,31	2,69	1,00	0,31
Aumento de Calcio y potasio	4,15	0,32	3,25	1,06	0,34

(ver Anexo E)

El cuadro 16 describe los porcentajes de los elementos que poseían las plantas de cada tratamiento, en base a estos datos se realizó el cuadro siguiente, con la metodología descrita en el cálculo de la relación porcentaje de elemento versus la altura.

En el cuadro 17 se presenta la relación porcentaje de elementos frente a la altura esto para evitar el sesgo que provoca la dilución de la concentración de elementos dentro de la planta debido al tamaño de la misma o a la cantidad de biomasa que produce.

Cuadro 16 Relación porcentaje de elementos versus altura

Tratamiento	Relación porcentaje elemento versus altura				
	N TOTAL	P	K	Ca	Mg
Testigo absoluto	0,731445	0,05577	0,73788	0,22737	0,066495
Tratamiento Normal	0,75468	0,07296	0,71364	0,228	0,07068
Aumento de Calcio	0,9154	0,0851	0,7337	0,2162	0,0782
Aumento de potasio	0,70224	0,08246	0,71554	0,266	0,08246
Aumento de Calcio y potasio	1,130875	0,0872	0,885625	0,28885	0,09265

En base a estos datos se elaboraron las figuras siguientes:

La agrupación de los datos anteriores dentro de la figura permitió observar y comparar el contenido de elementos, permitiendo inferir con los análisis de las variables anteriores.

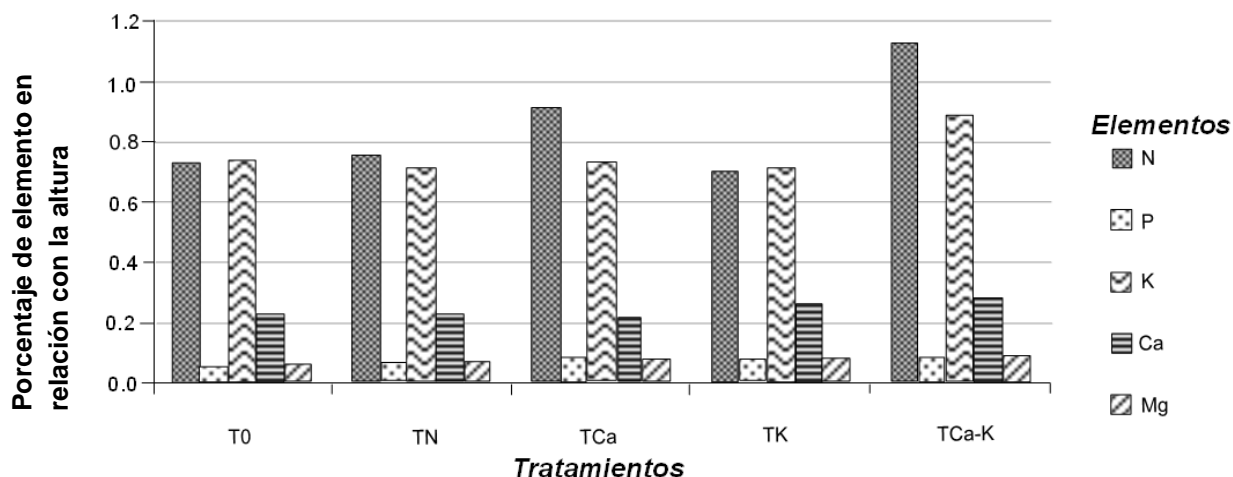


Figura 12 Comparación de los elementos contenidos por cada tratamiento

En la figura 12 se nota que el Nitrógeno y el potasio poseen la mayor presencia dentro de las plantas, seguidos de el Calcio, dejando al Fosforo y Magnesio bajos dentro de la planta, al comparar el nivel de potasio es muy similar dentro del rango 0.7 a 0.73, dejando como mejor al Tratamiento *T Ca* y *K* con un nivel de 0.88, siendo uno de los tratamientos a los que se le aumento la dosis de potasio, el tratamiento también posee el mejor nivel de Calcio con un 0.28 y siendo el segundo el tratamiento *T k* teniendo para Calcio un nivel de 0.26, dejando a los otros 3 tratamientos dentro de un rango entre 0.21 y 0.22, no habiendo mayor diferencia uno de otro.

Para Nitrógeno se observa que el tratamiento con mayor cantidad del elemento es el tratamiento *T Ca* y *K* con un nivel de 1.13 y siendo el segundo, para este elemento, el tratamiento *T Ca* con un nivel de 0.91. Esto indica que los niveles de potasio dentro de los dos mejores tratamientos descritos en las variantes anteriores sigue estando por encima del testigo absoluto y lo que administra la empresa en su fertilización actual, por lo que se

procede a la comparación de las tres variantes con respecto al comportamiento de la epidemia bajo la aplicación de los tratamientos correspondientes.

La comparación entre cada uno de los elementos frente a la altura media y el porcentaje de incidencia acumulada de cada tratamiento muestra el comportamiento de las primeras dos variables y con respecto al Nitrógeno, Fosforo, potasio, Calcio y Magnesio observando la relación directa o indirecta sobre la incidencia de la enfermedad en las poblaciones de plantas infectadas.

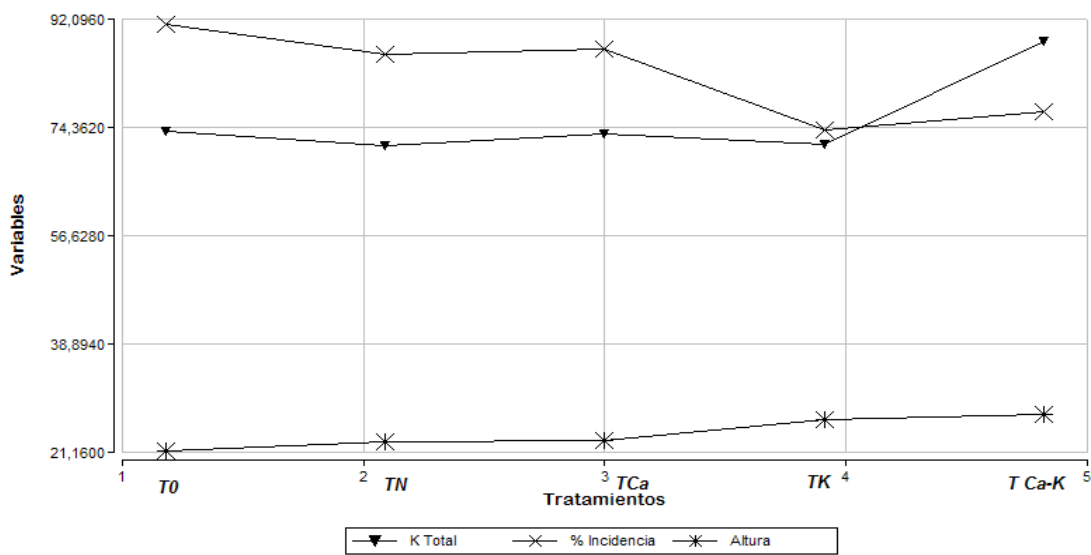


Figura 13 Relación potasio (K) total frente a las variables evaluadas

El nivel de potasio fue muy similar igual en todos los tratamientos aun en los tratamientos donde se aplicó la dosis extra de potasio, con una ligera diferencia, sin embargo en esos mismos tratamientos se registró la disminución de la incidencia y el aumento del promedio de la altura, por lo que teniendo un mayor tamaño las plantas tuvieron la capacidad de mantener el mismo nivel de potasio que las otras, siendo esto de importancia ya que el potasio es un elemento muy móvil dentro de la planta y que se requieren en cantidades mayores para mantener en un nivel adecuado el metabolismo.

La comparación entre Magnesio no adquiere relevancia ya que a todos los tratamientos no se le aplicó magnesio.

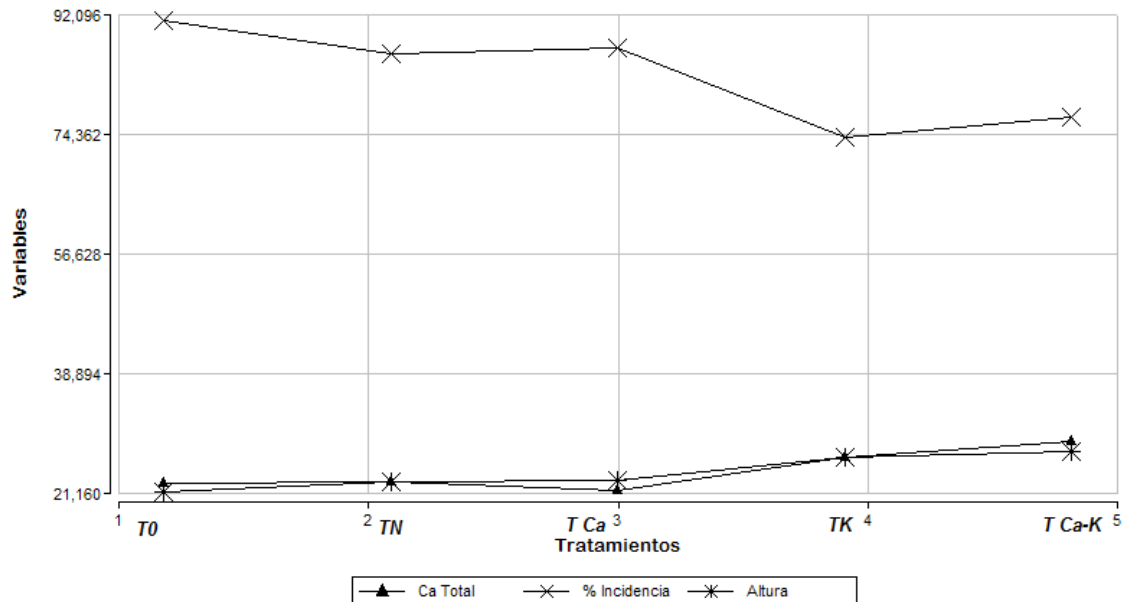


Figura 14 Relación Calcio (Ca) total frente a las variables evaluadas

El comportamiento de la cantidad de Calcio se da muy similar a la curva de altura en la cual la cantidad de Calcio es mayor en los últimos dos tratamientos de acuerdo al tamaño que presento la media de altura, el Calcio en el tratamiento donde se aumentó la dosis presento una cantidad debajo de lo expuesto en los dos primeros, con todo esto la presencia del elemento fue muy pareja sin mayor situación que resaltar.

Finalmente después de observar los resultados de todo lo expuesto se identifica al tratamiento con la nomenclatura *T K*, como el tratamiento que posee el porcentaje de incidencia acumulada más baja, la altura promedio alta y los niveles de los nutrientes en manera similar comparado de los demás tratamientos, con superioridad contra los dos tratamientos testigos (*T0* y *TN*) e incluso superior al de Calcio, el tratamiento que se encuentra al nivel del tratamiento *T K* es el identificado con la nomenclatura *T Ca* y *K*, el cual presenta niveles en la incidencia y una altura similar, dejando a estos dos como los

mejores tratamientos, sin embargo la diferencia identificada, frente a los otros tres tratamientos, no es significativa estadísticamente.

La igualdad presentada entre los tratamientos "*T K* y *T Ca y K*" posee una variante en común la presencia de potasio ya que en ambos tratamientos se aplicó la dosis de fertilizante potásico aumentando un 19.5% a lo aplicado por la empresa, esto es de 46 Kg/ha a 55 Kg/ha.

El mismo efecto se nota en los tratamientos (*TN* y *T Ca*) en donde la dosis aplicadas de potasio son las mismas (46 Kg/ha) y los dos presentaron una mejoría en comparación con el testigo absoluto.

Por lo tanto los estudios realizados por Young en 1938, los cuales son citados por Van der Plank en 1963, concluyen que la aplicación de potasio en plantaciones de algodón hay una reducción de la tasa de incremento de la enfermedad, por lo que no murieron 4 plantas de cada 1000 nuevas infecciones; siendo el supuesto cierto en la arveja y las altas densidades de siembra, daría una ventaja para la producción y se sumaría a las herramientas contra la enfermedad. Se estima que son 25,000 agricultores en 200 comunidades de los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez principalmente, produciendo en un área estimada de 3150 hectáreas. Por lo que un programa de manejo integrado de la enfermedad daría a los agricultores a pequeña escala una solución a corto plazo proveyendo de una herramienta que evite muertes de plantas dentro de sus cultivos y mejore los rendimientos de sus producciones; esto dentro de un mercado donde es importante mantener la disponibilidad, volumen y calidad del producto, a través de un sistema organizado de las empresas exportadoras.

2.20 **CONCLUSIONES**

1. La aplicación de potasio reduce la tasa de infección a 4.3%, disminuyendo de 20 nuevas infecciones de plantasa a 11 infecciones diarias.
2. La aplicación de 28 Kg de Calcio por hectárea para la la reducción de la tasa de infección por *Fusarium axysporium f. sp. pisi* , no posee injerencia en la misma.
3. La tasa de infección por *Fusarium axysporium f. sp. pisi* sobre la población de arveja china, al no aplicarpotasio es de 7.8%, siendo la velocidad de infección de un 55.12% más rápida que al aplicarpotasio.

2.21 **RECOMENDACIONES**

1. Para disminuir la probabilidad de infecciones se recomienda la aplicación de potasio, a los cultivos.
2. Se recomienda realizar estudios de campo probando dosis de potasio para afinar la dosis de aplicación.
3. Realizar el estudio de costos para confirmar la rentabilidad de la aplicación extra de los elementos.

2.22 BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPORT (Asociación Gremial de Exportadores no Tradicionales, GT). 2006. Arveja china (en línea). Guatemala, Agexport. Consultado 7 set 2009. <http://www.agexport.com.gt>
2. Agrios, GN. 1999. Fitopatología: marchitamientos vasculares causados por ascomicetos y hongos imperfectos. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. 2 ed. México, Uteha. 838 p.
3. Alvarez, GA. 1993. Manejo integrado de plagas en arveja china, fase II: 1992-1993. Guatemala, Proyecto MIP / ICTA / CATIE / ARF. 102 p.
4. Bertsch, F. 1995. La fertilidad del suelo y su manejo. Trad. Alfredo Alvarado. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
5. Estupiñán Rodríguez, H. 2007. Efecto del agente causal de la marchitez vascular de la achuva (*Physalis peruviana* L.) el hongo *Fusarium axysporium* Schlecht, sobre algunas solanáceas y otras especies cultivadas afectadas por formas especiales del microorganismo (en línea). Informe de Graduación Ing. Agr. Bogotá, Colombia, Universidad Javeriana. Consultado 4 set 2009. Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis293.pdf>
6. Fernández Herrera, E. 2007. Manejo biológico de *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium axysporium* Schlented.:FR. y *Rhizoctonia solani* Kühn en jitomate (en línea). Obregón, México, Sociedad Mexicana de Fitopatología. v. 25.
7. Flores, E. 1999a. La planta: estructura y función. Trad. Mario Castillo. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. v. 1.
8. _____. 1999b. La planta: estructura y función. Trad. Mario Castillo. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. v. 2.
9. Fuentes Torres, R. 1999. Evaluación de fertilización al suelo con cobertura de polietileno y su efecto sobre mosca minadora y trips en arveja china (*Pisum sativum* L.), Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL, Facultad de Ciencias Agrícolas. 82 p.
10. GoogleEarth.com. 2007. Mapas satelitales de Guatemala: Sumpango, Sactepéquez (en línea). US. Consultado 5 set 2009. Disponible en: <http://wikimapia.org/#lat=14.6335831&lon=-90.8421814&z=17&l=0&m=b>

11. Gros, A. 1976. Guía práctica de la fertilización. 6 ed. España, Mundi-Prensa. 585 p.
12. Guevara, I; Rodríguez, E. 2006. Inductores químicos de resistencia en la supresión de la marchitez del algodón causada por *Fusarium axysporium* sp. *vasinfectum* en sistema hidropónico (en línea). España, Universalia. Consultado 5 set 2009. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portallG/home_18/recursos/01_general/documentos/29052008/rev_bistua_vol4_num2_art10.pdf
13. Haurowitz, F. 1959. Introducción a la bioquímica. Trad. Juan Ramírez. Barcelona, España, Omega. p. 30-45
14. Linares, H. 2008. Arveja china ficha/31/UE (en línea). Guatemala, GTZ / Agexport. Consultado 7 set 2009. Disponible en <http://www.export.com.gt/Portal/Documents/Documents/2008-10/6250/2090/Ficha31%20-%20Arveja%20China.pdf>
15. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2007. Programa de apoyo a los agronegocios: el mercado estadounidense y europeo (en línea). Guatemala. Consultado 5 set 2009. http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/arveja_china_agronegocios
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Sistema de Información de Mercados, GT). 2007. Arveja china: aspectos productivos y económicos (en línea). Guatemala. Consultado 5 set 2009. Disponible en http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/8-arveja_china.pdf
17. Martínez, O. 2007. Cultivos extensivos: agronomía y mejora genética del guisante de vaina comestible (en línea). Galicia, España, ViaRural. Consultado 5 set 2009. Disponible en http://www.agronomy-journal.org/index.php?option=article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/agro/pdf/1994/09/Agronomie_0249-5627_1994_14_9_ART0001.pdf
18. Mérida, J. 2009. Evaluación de niveles de fertilización con cobertura de color plateado sobre el suelo y su efecto sobre el rendimiento en arveja china (*Pisum sativum* L). en Guatemala. Informe de Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
19. Ministerio de Agricultura, CL. 2006. Instructivo técnico para el diagnóstico de *Fusarium circinatum* en muestras de viveros bajo control oficial (en línea). Chile, Ministerio de Agricultura. Consultado 5 set 2009. Disponible en <http://www.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TkTXdhRJAS2Wp3v88hNgeD3tnigCT&argModo=&argOrigen=BD&argFlagYaGrabados=&argArchivold=5545>.

20. Monterroso Salvatierra, D. 2007. Metodología para evaluación de patógenos en la resistencia de las plantas y diseño experimental. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 8 p.
21. Nolasco, S; Jonathan, S. 2004. Evualuación de diferentes densidades de siembra de haba (*Vicia faba* L.) como cultivo trampa para trips (*Triphs* sp.) en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L). en la aldea Xeabaj, Santa Apolonia, Chimaltenango. Informe de Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.
22. Padilla, C. 1980. Interacción entre *Meloidogynesp.* y *Fusarium axysporium* f. sp. *pisien* arveja (en línea). Trad. Edgar Vargas. Agronomía Costarricense 4:55-60.
23. Parker, R. 2000. La ciencia de las plantas. Trad. Patricia Scott. Madrid, España, Paraninfo. 628 p.
24. Santos, ID. 2009. Utilización de sustratos y diseño experimental (entrevista). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Subárea de Manejo de Suelo y Agua.
25. Say, E. 2009. Fertilización de la arveja (entrevista). Sumpango, Sacatepéquez, Guatemala, GHORTEX.
26. Tisdale, S. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Balasch. México, Uteha. 838 p.
27. Walker, J. 1973. Patología vegetal, interacción huesped-parasito. Trad. Antonio Aguirre. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 817 p.
28. Yool, E. 2009. Evaluación cinco programas de fertilización con N, P, K y materia orgánica sobre el rendimiento de los cultivos en asocio arveja china-gladiola, bajo condiciones de la aldea Panabajal, Tecpán Guatemala, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 115 p.

ANEXO A

TABLAS DE TOTALES DE LA INCIDENCIA EN CADA TRATAMIENTO

Cuadro 17A Tratamiento Testigo absoluto (T0)

T0								
Columnas	Control Muestreo					Plantas		
Planta	A	B	C	D	E	Infectadas	No existentes	Vivas
1	3	2	1	2	3	3	2	0
2	3	1	2	2	1	3	2	0
3	2	2	1	1	2	2	3	0
4	2	1	1	1	0	3	1	1
5	1	2	2	1	2	2	3	0
6	1	1	2	1	3	4	1	0
7	1	1	1	1	0	4	0	1
8	1	1	1	1	2	4	1	0
9	1	1	3	3	2	4	1	0
10	1	1	2	2	1	3	2	0
11	1	0	1	2	2	2	2	1
12	1	1	1	1	1	5	0	0
13	1	1	1	2	2	3	2	0
14	1	0	3	2	1	3	1	1
15	1	1	1	2	1	4	1	0
16	1	1	3	2	0	3	1	1
Infectadas	14	11	11	8	8	52		
No existentes	2	3	4	8	6		23	
Vivas	0	2	0	0	3			5

Cuadro 18A TRATAMIENTO TESTIGO 2 (TN) DOSIS APLICADA POR LA EMPRESA

TN								
Columnas	Control Muestreo					Plantas		
Planta	A	B	C	D	E	Infectadas	No existentes	Vivas
1	0	1	1	2	0	2	1	2
2	1	1	1	1	1	5	0	0
3	1	1	1	2	1	4	1	0
4	1	1	1	1	1	5	0	0
5	1	1	1	1	1	5	0	0
6	1	1	1	0	1	4	0	1
7	1	1	0	1	1	4	0	1
8	1	1	1	0	1	4	0	1
9	1	1	1	1	3	5	0	0
10	1	1	1	1	1	5	0	0
11	1	1	0	1	1	4	0	1
12	1	1	1	1	1	5	0	0
13	1	1	0	1	2	3	1	1
14	2	0	0	0	2	0	2	3
15	1	2	1	1	1	4	1	0
16	1	2	1	1	1	4	1	0
Infectadas	14	13	12	11	13	63		
No existentes	1	2	0	2	2		7	
Vivas	1	1	4	3	1			10

Cuadro 19A TRATAMIENTO AUMENTO DE LA DOSIS DE CALCIO (T CA)

T Ca								
Columnas	Control Muestreo					Plantas		
Planta	A	B	C	D	E	Infectadas	No existentes	Vivas
1	1	1	1	0	1	4	0	1
2	1	1	0	1	2	3	1	1
3	1	1	1	1	1	5	0	0
4	1	1	1	1	1	5	0	0
5	1	1	0	0	1	3	0	2
6	1	1	1	3	1	5	0	0
7	1	1	1	0	0	3	0	2
8	3	3	1	1	0	4	0	1
9	2	0	0	0	1	1	1	3
10	1	1	1	1	1	5	0	0
11	1	1	1	1	2	4	1	0
12	1	1	1	1	1	5	0	0
13	2	2	3	2	1	2	3	0
14	2	1	1	1	1	4	1	0
15	1	1	1	1	1	5	0	0
16	1	2	1	2	1	3	2	0
Infectadas	13	13	13	10	12	61		
No existentes	3	2	0	2	2		9	
Vivas	0	1	3	4	2			10

Cuadro 20A Tramiento Aumento de la dosis de potasio (T K)

Potasio								
Columnas	Control Muestreo					Plantas		
Planta	A	B	C	D	E	Infectadas	No existentes	Vivas
1	1	1	1	1	1	5	0	0
2	1	1	1	0	1	4	0	1
3	1	1	1	2	1	4	1	0
4	0	1	0	1	1	3	0	2
5	1	1	1	3	0	4	0	1
6	3	1	1	1	2	4	1	0
7	0	1	1	2	1	3	1	1
8	0	1	0	1	1	3	0	2
9	0	2	1	2	0	1	2	2
10	1	1	1	1	1	5	0	0
11	0	1	1	1	1	4	0	1
12	2	0	1	1	1	3	1	1
13	0	2	1	0	2	1	2	2
14	2	2	2	0	0	0	3	2
15	1	1	1	1	0	4	0	1
16	1	0	1	1	0	3	0	2
Infectadas	8	11	13	10	9	51		
No existentes	2	3	1	3	2		11	
Vivas	6	2	2	3	5			18

Cuadro 21A Tramiento Aumento de Calcio yPotasio (T Ca y K)

T Ca y K								
Columnas	Control Muestreo					Plantas		
Planta	A	B	C	D	E	Infectadas	No existentes	Vivas
1	1	1	1	2	0	3	1	1
2	2	1	1	1	1	4	1	0
3	2	1	3	1	1	4	1	0
4	1	1	1	0	2	3	1	1
5	1	0	2	0	2	1	2	2
6	1	1	1	1	2	4	1	0
7	1	1	1	1	2	4	1	0
8	0	1	2	1	2	2	2	1
9	1	1	0	1	2	3	1	1
10	1	1	1	3	2	4	1	0
11	1	1	1	0	2	3	1	1
12	1	1	1	1	0	4	0	1
13	1	0	2	1	1	3	1	1
14	1	1	0	2	1	3	1	1
15	1	0	1	0	1	3	0	2
16	0	1	0	1	0	2	0	3
Infectadas	12	13	10	10	5	50		
No existentes	2	0	3	2	8		15	
Vivas	2	3	3	4	3			15

ANEXO B

MEDIOS DE CULTIVO UTILIZADOS

Cuadro 22A Agar Papa Dextrosa (PDA)

- 40 gramos de PDA.
- Vaciar en Matraz Erlenmeyer u otro de 1L.
- Aforar a 1.000 ml. Con agua destilada.
- Esterilizar por 15 minutos a 121°C en autoclave.
- Una vez tibio, agregar 20 gotas de ácido láctico hasta un pH final de 5,6.
- Dejar enfriar hasta aproximadamente 50°C dentro del gabinete.
- Vaciar 20 ml en cada Placa Petri.
- Dejar enfriar las placas, identificarlas con las iniciales del medio.
- Guardar en conservadora a 6°C ± 2°C. (27)

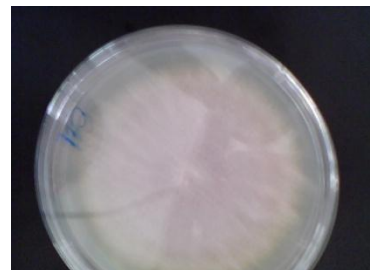


Figura 15A Cultivo de *Fusarium axysporiumf. sp.* Pisi en medio de cultivo Agar

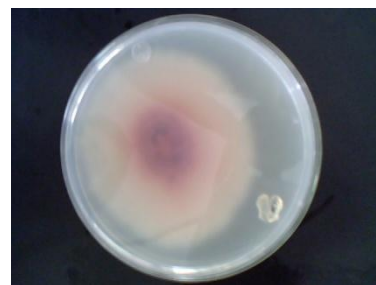


Figura 16A Cultivo de *Fusarium axysporiumf. sp.* Pisi en medio de cultivo Agar, tomada por Luis Santos, FAUSAC

2.23

Cuadro 23A Medio de cultivo Kerr

Empleado para incrementar poblaciones de especies de e inducir producción de de microconidios y macroconidios.

KH ₂ PO ₄	1 gr	
FeSO ₄	10 mg	
NaNO ₃		2 gr
KCl		0.5 gr
MgSO ₄		0.5 gr
KNO ₃		1 gr
Dextrosa		35 gr
Agua Estéril		1000 cc

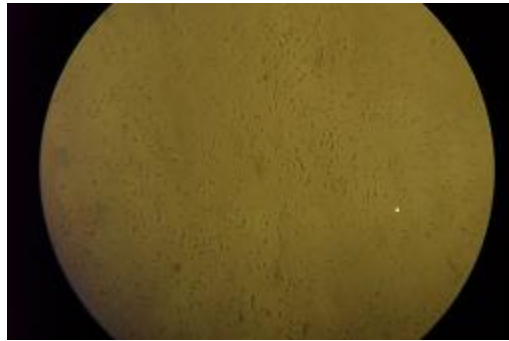


Figura 17A Cultivo de *Fusarium axysporiumf. sp.* Pisi en medio de cultivo Agar, tomada por Luis Santos, FAUSAC

ANEXO C

FOTOGRAFÍAS DEL CONTEO DE CONODÍAS

Figura 18A Conidias de *Fusarium axysporium* f. sp. *Pisi* en el microscopio.



Fotografía tomada en la FAUSAC por Luis Santos

Figura 19A Cultivo de extracción de las conidias Medio Kerr.



Fotografía tomada en la FAUSAC por Luis Santos

ANEXO D

FOTOGRAFÍAS DEL EXPERIMENTO EN DIFERENTES ETAPAS

Figura 20Asiembra de la variedad Atitlán 902



Fotografía tomada en GHORTEX S. A. por Luis Santos

Figura 21AEmerger de las plántulas



Fotografía tomada en Ghortex S. A. por Luis Santos

Figura 22ACultivo de arveja china **Figura 23A** Inoculación en las macetas
(*Pisum sativum L.*)



Fotografía tomada en GHORTEX S. A. por Luis Santos



Fotografía tomada en GHORTEX S. A. por Luis Santos

Figura 24A Cultivo en fase adulta



Figura 25A Muerte por fusariosis



Anexo E

Análisis de Suelo y Foliar

Cuadro 24A Resultados del Análisis Químico del suelo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"

INTERESADO: LUIS JAVIER SANTOS
PROCEDENCIA: FCA. LAS GEMELAS, ZARAGOZA
FECHA DE INGRESO: 23/2/2010

ANÁLISIS QUÍMICO

IDENTIFICACION	pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm				Meq/100 gr				%			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	N.T.
RANGO MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15								
M-1	6.1	91.00	265	8.11	1.64	2.00	2.50	23.50	18.00	12.73	5.24	1.15	0.25	0.72	57.84	2.28	0.18

ANÁLISIS FÍSICOS

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
M-1	13.36	16.04	70.60	FRANCO ARENOSO

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA 8-4, CUIDAD UNIVERSITARIA, ZONA 11, GUATEMALA.
CÓDIGO POSTAL 90013, APUSTADO POSTAL 1344, TEL.: (502) 2443 9398, EXTENSIÓN: 1354, FAX: (502) 2443 9755

Cuadro 25A Resultados del Análisis Foliar de las plantas de cada tratamiento

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"

INTERESADO: GRUPO HORTICOLA DE EXPORTACION
PROCEDENCIA: SUMPANGO, SACATEPEQUEZ
CULTIVO: HOJAS DE ARVEJA CHINA
FECHA DE INGRESO: 22/4/2010

IDENTIFICACION	%				
	N TOTAL	P	K	Ca	Mg
TESTIGO	3.41	0.26	3.44	1.06	0.31
FERTILIZACION NORMAL	3.31	0.32	3.13	1.00	0.31
AUMENTO DE Ca	3.90	0.37	3.19	0.94	0.34
AUMENTO DE K	2.64	0.31	2.69	1.00	0.31
AUMENTO DE Ca Y Mg	4.15	0.32	3.25	1.05	0.34

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"
POR AREA DE MANEJO DE SUELO Y AGUA

ANEXO F

Cuadro 26A Diagnóstico de patógenos presentes en plantas de arveja china



INGENIERO AGRONOMO
GUSTAVO ADOLFO ALVAREZ VALENZUELA
CONSULTOR EN PROTECCION VEGETAL

Guatemala 25 de septiembre de 2009

Mario Estrada
 Presente

Sírvase encontrar adjunto los resultados de análisis de las muestras enviadas a este laboratorio.

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE INGRESO	22/09/2009
CULTIVO	Arveja china
PROCEDENCIA	Sumpango, Sacatepéquez
PRODUCTOR	GRUPO HORTICOLA DE EXPORTACION SA
ANALISIS SOLICITADO	FITOPATOLOGIA ARVEJAS
SUELO ARVEJA DULCE Y CHINA	<i>Rotylenchulus sp.</i> 860/100 cc de suelo <i>Ditylenchus sp.</i> 120/100 cc de suelo Vida libre ALTA POBLACION
PLANTULAS ARVEJA DULCE Y CHINA	<i>Pythium sp</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium oxisporum fsp. pisi</i>
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	Se tiene un complejo de hongos que sugiere que ha existido un problema de estabilidad de la planta que puede ser estrés nutricional, cambios bruscos de humedad, daño colateral por otros agentes (gallina ciega p/ej) además de la interacción de los nematodos que relativamente están baja población pero bajo condiciones particulares podrían estar ocasionando daño. Para el manejo en la próxima siembra se sugiere inicialmente realizar un muestreo de gallina ciega o gusano alambre, al momento de la siembra aplicar una mezcla de Propamocarb (1.5 cc/ lt de agua) + carbendazim 50% (1 cc/lt agua) en dosis de 1 litro/m ² repartido en dos dosis, 500 cc/ m ² sobre el surco de siembra antes de colocar la semilla y los otros 500 cc luego de la siembra cuando haya sido tapada la semilla. Se sugiere además un manejo adecuado de humedad y fertilización. No se recomienda la aplicación de nematicidas ya que se tiene un suelo con abundancia de especies de vida libre que compiten con los parásitos y no convendría romper el equilibrio existente.

Sin otro particular:

Atentamente

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela

CAPITULO III

INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LAS FINCAS PERTENECIENTES A LA EMPRESA GRUPO HOTICOLA DE EXPORTACIÓN S. A. (GHORTEX S. A.)

3.1 **PRESENTACIÓN**

Los servicios que se presenta tienen como objetivo reforzar las debilidades detectadas en las fincas en busca de mejora en la producción aprovechando de una mejor manera los recursos disponibles en las fincas.

Como primer servicio se presenta el ordenamiento del sistema de riego en lo que respecta al mapeo dentro del terreno, los turnos y realizar la construcción de un plan de manejo de riego con base en una tabla de operaciones de riego para las dos fincas.

En segundo servicio se evaluó la efectividad de insecticidas en la disminución de la presión de plaga causada por Trips (*Frankliniella sp.*), este insecto es el causante de la mancha verde en la arveja. En dicho estudio se presenta como resultados el efecto que causa la aplicación del ingrediente activo metiocarb frente a una combinación del ingrediente activo spinosad con un repelente natural a base de extracto de ajo, en la población inicial, así como los porcentajes de arveja china de rechazo para ambos tratamientos.

Como tercer servicio se realizó la evaluación de la combinación de tres fungicidas aplicados mediante el sistema de riego en arveja china, bajo el análisis epidemiológico temporal. En los resultados de este servicio se presenta el análisis de las curvas de crecimiento de la epidemia, así como el cálculo de la tasa de crecimiento de la epidemia en las poblaciones en arveja china.

Como último servicio se realizó la evaluación de la aplicación de un fertilizante foliar en plantación de ejote (*Phaseolus vulgaris L*) sobre el rendimiento en kilogramos. Presentando como resultados la comparación de las parcelas con y sin tratamiento.

Los servicios se enfocaron en la mejora de la productividad de manera sostenible, los servicios presentados son los representativos de las actividades desarrolladas dentro de las fincas de la empresa GHORTEX S.A. en el departamento de Chimaltenango, Guatemala.

3.2 *ORDENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO EN LAS FINCAS: “LAS GEMELAS” Y “EL CÓNDOR” EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA.*

3.1.1 OBJETIVOS

3.1.1.1 General

- a. Planificar la distribución de los turnos de riegos en los sistemas de riego por goteo utilizados en fincas.

3.1.1.2 Específicos

- a. Identificar en mapas la localización de las llaves de riego.
- b. Definir las áreas por llave y turno de riego de las diferentes fincas.
- c. Elaborar tablas de operaciones de los sistemas de riego de las diferentes fincas.
- d. Definir la lámina neta máxima de riego para la época seca.

3.1.2 METODOLOGÍA

La empresa agrícola exportadora de Arveja China llamada Grupo Hortícola de Exportación S. A. (GHORTEX S.A.) cuenta con tres fincas ubicadas en los municipios de Zaragoza y San Andrés Itzapa, en el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Las fincas ubicadas en las cercanías de Zaragoza se denominan “Las Gemelas” y “El Cóndor”, y la ubicada en Itzapa se denomina “San Andrés”.

Basados en los datos reportados por el INSIVUMEH en la estación meteorológica de Balanya, siendo la más cercana a Zaragoza, se reporta un temperatura media anual de 16.6 °C desde los años de 1990 hasta el 2008, reporta una temperatura máxima absoluta promedio anual de 28.9°C y la temperatura mínima absoluta de -1.1 °C, para el mismo periodo; siendo los meses más fríos noviembre a marzo y los de mayor temperatura de abril a octubre. Una precipitación de 955.35 mm anual.

Para el municipio de San Andrés Itzapa se utilizó la estación meteorológica del ICTA Chimaltenango la cual reportó los siguientes datos para el periodo de 1991 a 2003: posee

una temperatura máxima absoluta anual de 29.5 °C y una mínima de 0.5 °C; la precipitación media anual es de 758.83 mm.

Las fincas fueron instaladas por la empresa en el año 2005 dichas localidades; para cada una de las fincas se invirtió en la instalación de los sistemas de riego por goteo, siendo una gran ventaja para la empresa; sin embargo se ha estado trabajando bajo condiciones empíricas correspondiente a la experiencia adquirida por los jefes de finca. Esta situación ha causado que en épocas secas las plantas entren en estrés hídrico.

La aplicación de los riego se realizan en forma exagerada provocando que mucha del agua aplicada se pierde por percolación y no sea aprovechada por la planta, otro factor importante es la distribución desordenada ya que no sigue un ciclo, esto empeora cuando en la finca se siembra en diferentes fechas.

Otra situación observada es el número de llaves de paso las cuales deben ser abiertas para regar, ya que la cantidad es grande y el ciclo de riego no puede ser cumplido para llenar los requerimientos hídricos de la planta. No se cuenta con una tabla de operaciones de los sistemas de riego.

3.1.2.1 Mapeo

Al no contar con una herramienta de medición como teodolito o GPS. Se procedió de la siguiente manera, se identificó las fincas y lugares que recibieron de referencia, para la finca “Las Gemelas” se ubicó la aldea denominada la esperanza, está se encuentra ubicada a 3 Km de Chimaltenango sobre la ruta interamericana en el kilómetro 69. Para la finca “El Cóndor” se ubicó la aldea Agua dulce, la cual se encuentra a 1.5 kilómetros de Zaragoza, sobre la ruta Interamericana y finalmente para mapear la finca “San Andrés” se ubicó la población San Andrés Itzapa, ya que la finca se encuentra en la periferia del pueblo.

Una vez identificadas las poblaciones y la ubicación aproximada de las fincas se ingresó en la página de internet en la cual muestra el mapa de Guatemala, mediante esta página se localizó las fincas a las cuales se fotografió.

Una vez obtenidas las fotos de las tres fincas se procedió a calcar los linderos de las fincas, obteniendo la distribución del sistema dentro del campo.

Al fotografiar las fincas estas no tienen escalas, por lo que se procedió a medir las áreas de las llaves de riego utilizando una cinta métrica de 30 metros de longitud, debido a esto se utilizó geometría para obtener las áreas de cada llave de riego, obteniendo al final un mapa fiel y con sus respectivas áreas.

3.1.2.2 Identificación de la Lámina Neta Máxima de Riego

En el cálculo de la lámina neta de riego se utilizó el método del Tanque de Evaporación, la decisión de este método resulta de los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH cercanas a las fincas, además de que las mismas fincas han iniciado un programa de toma de datos de Tanques de Evaporación puestos en cada finca.

Método del Tanque de Evaporación

Sólo utiliza como dato los milímetros promedio de agua evaporada por mes y un Factor K el cual incluye a la transpiración de la planta y tiene un valor de 0.76, la formula utilizada es la siguiente:

$$ETp = 0.76 \times \text{mm de agua evaporada}$$

Con el método anterior se obtuvo la ETp la cual se graficó para identificar en que meses es la máxima Evapotranspiración.

La evapotranspiración se ingresó a la siguiente fórmula:

$$Lb = \frac{ETp}{\text{Eficiencia de Riego}}$$

Luego de haber obtenido la lámina bruta (Lb) se procedió a calcular el tiempo de riego por llave y posteriormente se procedió a construir la tabla de operaciones para los sistemas de riego.

3.1.3 RESULTADOS

La identificación y mapeo de los sistemas de riego dentro de las fincas es indispensables para organizar y hacerlo funcionar correctamente, mejorando el uso del agua evitando que la plantación entre en estrés hídrico.

Las imágenes obtenidas en “google maps” de las fincas permitieron construir los mapas de las fincas y conocer la distribución espacial del sistema de riego dentro de las mismas.

Los mapas obtenidos indican las áreas no cultivadas y dividen el área que abarca cada llave de paso dentro del sistema de riego, la libreta de los turnos de riego indica el número de turno, las llaves que se abren para dicho turno y el área en metros cuadrados que abarcan el conjunto de llaves de paso para cada turno.

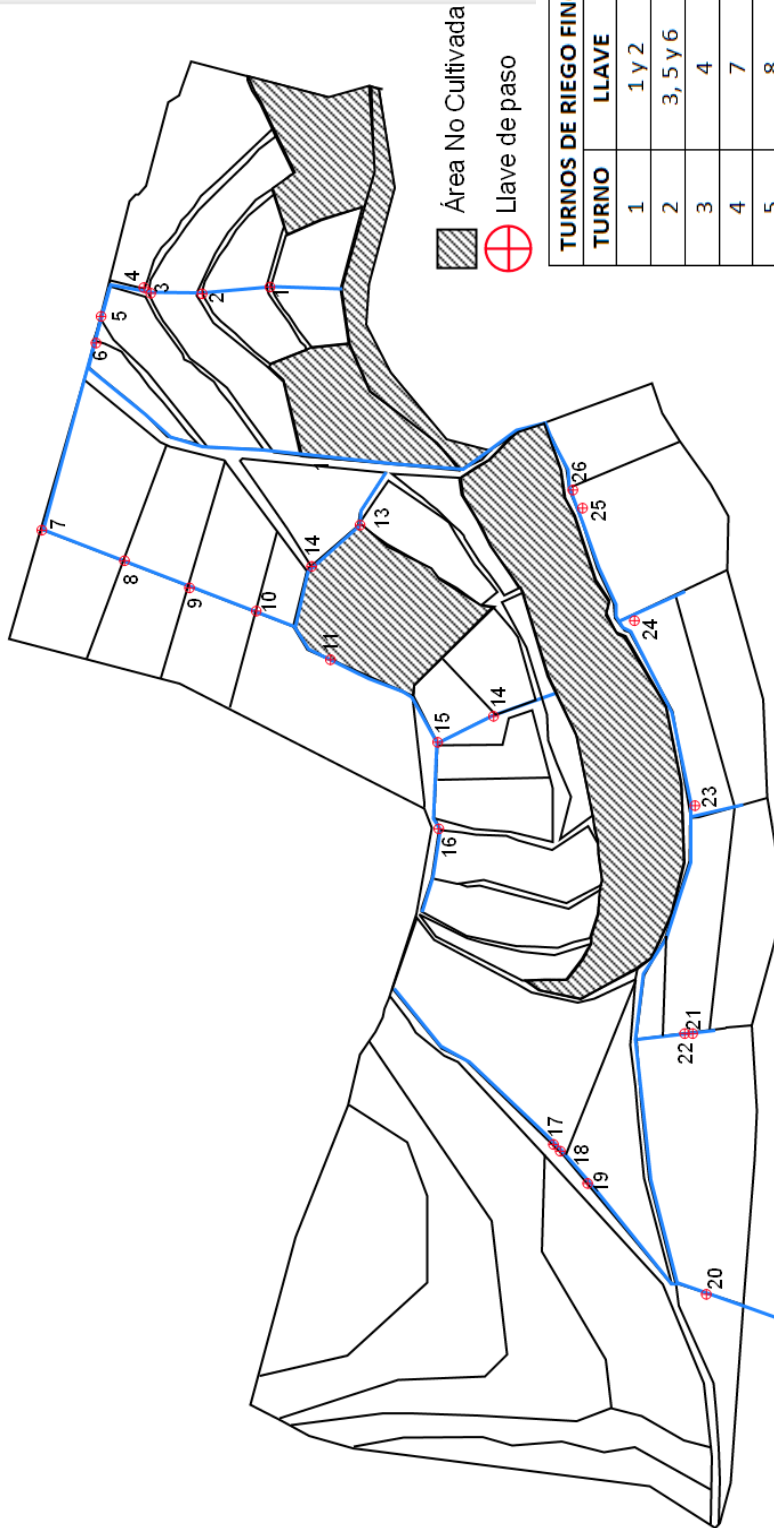
La relevancia de conocer los turnos y el área de dicho turno es la facilidad para calcular dosis de plaguicidas y/o fertilizantes que se aplican inyectándolos al sistema de riego, permitiendo una mayor eficiencia en la utilización de dichos insumos.

Además permite construir el plan de riego en las dos fincas, esto permite que se realice un riego eficiente en cada parte y utilizar correctamente la mano de obra, capacitándola para que sea mano de obra calificada.

Al conocer el caudal para la época seca en el nacimiento se puede calcular el área a regar, y teniendo el mapa con las áreas que riega cada turno se puede acoplar a esta para que el agua sea suficiente y proveer de un riego adecuado.

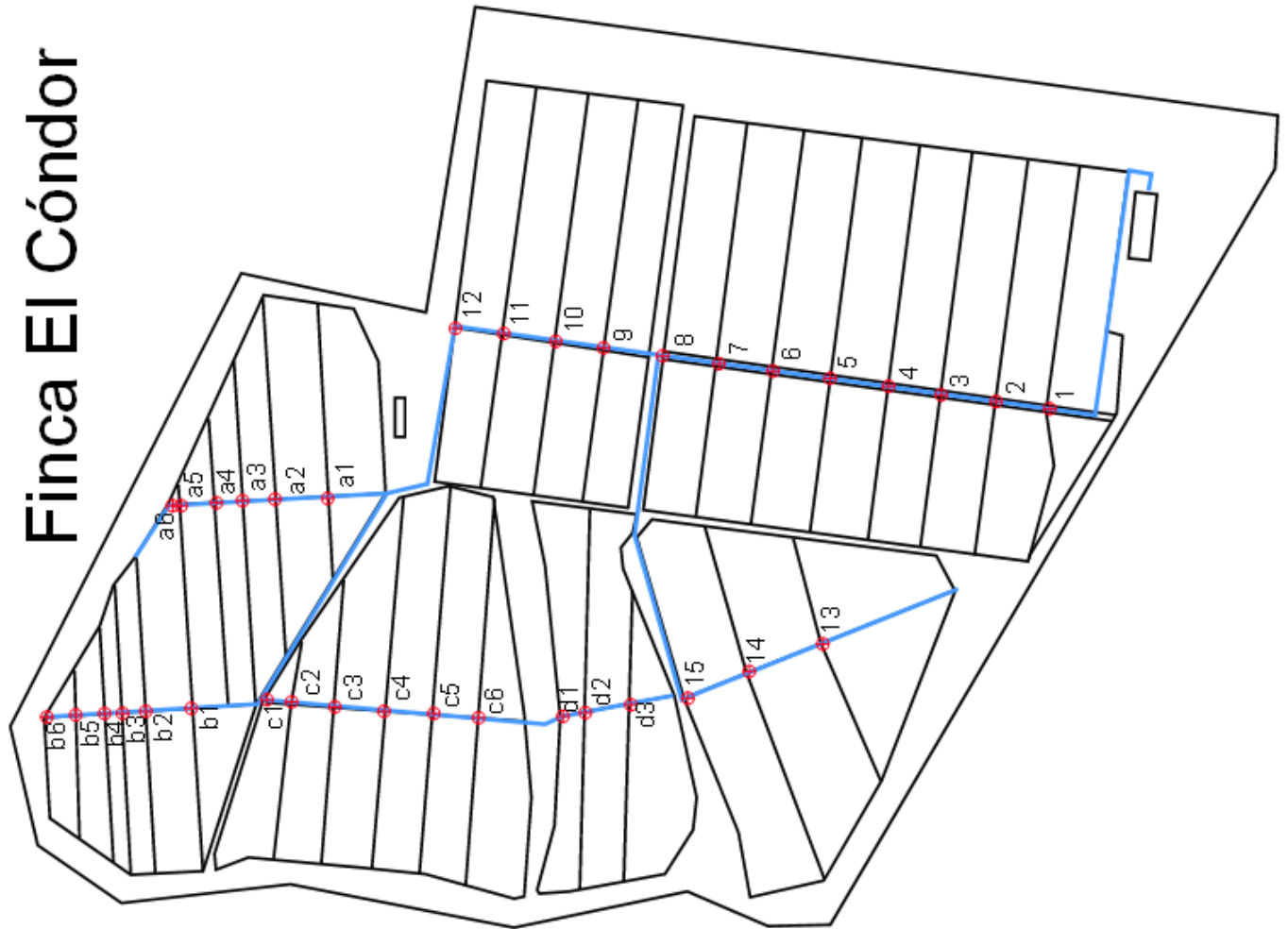
Figura 26 Mapa sistema de riego de la finca las Gemelas.

Finca Las Gemelas



TURNOS DE RIEGO FINCA GEMELAS		
TURNOS	LLAVE	ÁREA M2
1	1 y 2	2755.5
2	3, 5 y 6	7895
3	4	4170.4
4	7	4529
5	8	4582
6	9	4300
7	10 y 11	5700
8	12, 13 y 14	8457
9	15 y 16	7764
10	17 y 18	5962.86
11	19	2747.13
12	20, 21 y 22	6800
13	23 y 24	4697.5
14	25 y 26	4766.5

Figura 27 Mapa del sistema de riego finca El Cóndor.



TURNOS DE RIEGO FINCA EL CONDOR		
TURNO	LLAVE	ÁREA M2
1	1, 2 y 3	7231.14
2	4, 5 y 6	7821.15
3	7 y 8	5071.1
4	9 y 10	4570.5
5	11 y 12	4839.5
6	13, 14 y 15	8180.15
7	d3	1583.88
8	d2	1893.74
9	d1	1682.42
10	c6	1869.74
11	c5	2454.53
12	c4	2608.72
13	c3	1968.74
14	c2	1326.25
15	c1	909.15
16	a1	1885
17	a2	1919
18	a3	1322.55
19	a4	1084
20	a5	1068
21	a6	1422
22	b1	583.8
23	b2	889.6
24	b3	700.6
25	b4	480
26	b5	605
27	b6	486

3.1.4 Determinación de la ETP max.

Como se describe en la metodología se utilizó para el cálculo el método del tanque de evaporación, esto utilizando los datos de la estación meteorológica del INSIVUMEH ubicada en el ICTA Chimaltenango, abarcando el periodo de tiempo de 1990 a 2003.

En el cuadro 28 se presenta los datos recopilados por la estación, dando como resultado que de octubre a enero datos de evaporación bajos y los meses con una evaporación alta en el tanque fue para los meses de marzo a mayo, el promedio anual de los milímetros gastados en el tanque oscilan entre 4 y 5 mm/día.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	3,5	3	5,5	5,7	5	4,5	4,8	4,1	4,3	3,7	3,2	2,9	5
1991	3,1	4,6	5,9	5,2	8,5	4,5	4,3	3,9	3,7	2,7	3,1	2,9	5
1992	3,3	4,6	5,4	5,3	4,4	3,9	4,2	4,1	3,2	3,1	2,8	3,7	4
1993	3,6	4,7	4,8	5,1	4,3	5,6	4,4	3,9	4,4	3,6	2,9	3,1	5
1994	3,2	4,1	5,2	4,7	5,2	4,3	4,2	3,3	3,9	3,6	2,8	3,1	4
1995	3,3	4	5,4	5,7	5,5	7,5	4	4	5,8	4,4	3,1	2,9	5
1996	3,5	4,1	5	6	5,6	5	5	3,7	3,8	3,6	3	3,4	5
1997	3,5	3,6	5	5,5	5,3	4,4	5	4	6,1	3,8	2,4	2,6	5
1998	2,6	4,1	5,3	5,4	5,5	4,4	4,5	3,9	4,4	3,6	2,9	3,1	4
2001	5,1	4,8	6	2,5	7	5	5,3	6,4	5,1	4,7	4,4	4,2	5
2002	5,2	5,3	6,5	7	5,1	5,4	5	4,3	4,5	4,3	4,2	3,8	5
2003	3,9	4,3	5,5	6,1	5,3	4,6	4,6	4,1	4,5	3,7	3,2	3,2	4.5

Cuadro 27 Evaporación promedio mensual en mm de 1993 a 2003, Estación Alameda.

Formula

$$ETP = \text{Agua Evaporada} \times 0.76$$

- mm= milímetros registrados de agua evaporada
- 0.76= Factor que incluye la transpiración de las plantas

El cuadro 29 presenta los datos de ETp promedio mensual por cada año, presentando al final, el promedio de la ETp de los 12 años por cada mes, estos datos se procedió a graficarlos para observa el comportamiento de la ETp para todo el año.

Cuadro 28ETp Media mensual en mm de 1993 a 2003.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1990	2,7	2,3	4,2	4,3	3,8	3,4	3,6	3,1	3,3	2,8	2,4	2,2	
1991	2,4	3,5	4,5	4,0	6,5	3,4	3,3	3,0	2,8	2,1	2,4	2,2	
1992	2,5	3,5	4,1	4,0	3,3	3,0	3,2	3,1	2,4	2,4	2,1	2,8	
1993	2,7	3,6	3,6	3,9	3,3	4,3	3,3	2,9	3,3	2,7	2,2	2,4	
1994	2,4	3,1	4,0	3,6	4,0	3,3	3,2	2,5	3,0	2,7	2,1	2,4	
1995	2,5	3,0	4,1	4,3	4,2	5,7	3,0	3,0	4,4	3,3	2,3	2,2	
1996	2,7	3,1	3,8	4,6	4,3	3,8	3,8	2,8	2,9	2,7	2,3	2,6	
1997	2,7	2,7	3,8	4,2	4,0	3,3	3,8	3,0	4,6	2,9	1,8	2,0	
1998	2,0	3,1	4,0	4,1	4,2	3,3	3,4	2,9	3,3	2,7	2,2	2,3	
2001	3,9	3,6	4,6	1,9	5,3	3,8	4,0	4,9	3,9	3,6	3,3	3,2	
2002	4,0	4,0	4,9	5,3	3,9	4,1	3,8	3,3	3,4	3,3	3,2	2,9	
2003	3,0	3,2	4,1	4,6	4,0	3,5	3,5	3,1	3,4	2,8	2,4	2,5	
	2,8	3,2	4,1	4,1	4,2	3,7	3,5	3,1	3,4	2,8	2,4	2,5	ETP TQNQUE promedio

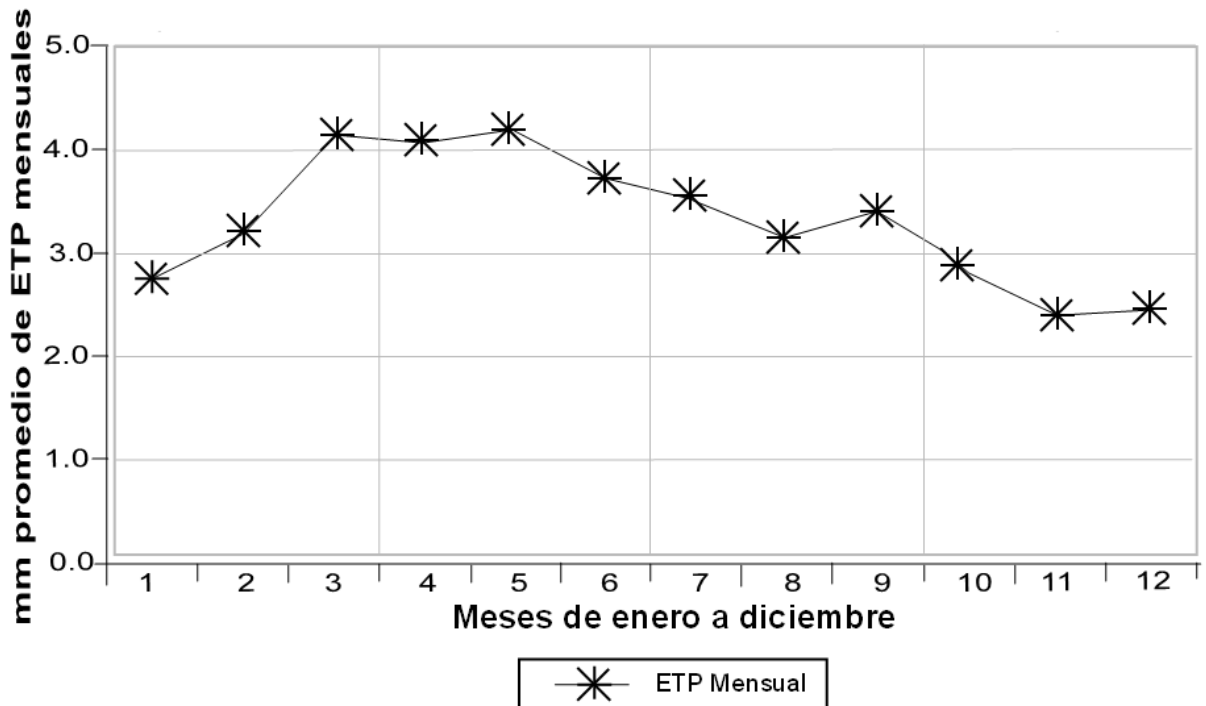


Figura28 Comportamiento de la ETP mensual a lo largo del año, mediante el método de tanque, datos de 1993 a 2003, INSIVHUME.

En el cuadro 30 se presenta el cálculo de la L_b utilizando la eficiencia de un 85% y la ET_p máxima de 4.1, esto da como resultado una L_b de 4.8 mm/día por cada turno de riego, para proveer esta lámina se necesita un tiempo de 72 minutos por llave. También se presenta la profundidad y anchura que alcanza el bulbo de mojado por cada sector.

En base al tiempo estimado para cada turno se procedió a plantear la tabla de operaciones para la 7.5 hectáreas que la finca tiene como área cultivable; cabe resaltar que la Etp utilizada es para los meses de marzo y abril, en plena época seca por lo que operar para toda la plantación se necesita que el afluente aporte un caudal de 7 litros por segundo, trabajando 19 horas al día durante 7 días.

3.1.5 Evaluación

Cuadro 29 Tabla de operaciones de riegos para finca “Las Gemelas”.

Área	Turno	Válvula a abrir	Horario	
Terrazas 2	1	1 y 2	5:00 AM	6:12 AM
	2	3, 5 y 6	6:15 AM	7:37 AM
	3	4	7:40 AM	8:52 AM
Plan 18	4	7	8:55 AM	10:07 AM
	5	8	10:10 AM	11:22 AM
	6	9	11:25 AM	12:37 PM
	7	10 y 11	12:40 PM	1:52 PM
Terrazas 1	8	12, 13 y 14	1:55 PM	3:07 PM
	9	15 y 16	3:10 PM	4:22 PM
L1	10	17 y 18	4:25 PM	5:37 PM
	11	19	5:40 PM	6:52 PM
L2	12	20, 21 y 22	6:55 PM	8:07 PM
L3	13	23 y 24	8:10 PM	9:22 PM
llamo	14	25 y 26	9:25 PM	10:37 PM

Con la planificación y ubicación física de los turnos de riego se espera mejorar el riego dado al cultivo, sin embargo si no se cuenta con los 7 litros por segundo como caudal mínimo para la época seca no se puede sembrar en su totalidad la 7.5 hectáreas.

3.3 **EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS: MEZCLA DE SPINOSAD MÁS UN REPELENTE Y METIOCARB, PARA EL MANEJO DE TRIPS (*FRANKLINIELLA SP.*) EN LAS FINCAS “EL CÓNDOR” Y “LAS GEMELAS”, ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.**

3.1.6 **Objetivos**

3.1.6.1 **General**

Evaluar el efecto de la aplicación de dos insecticidas sobre la presión de la plaga de trips sobre el cultivo de arveja china (*Pisum sativum*L).

3.1.6.2 **Específicos**

- a. Evaluar la disminución de la población de trips bajo cada tratamiento.

La arveja China es una planta en la cual las plagas afectan la producción, siendo las más fuertes el Trips “*Frankliniella sp*” y la araña roja “*Tetranychus sp*”. Estas aparecen en diferentes etapas fenológicas de la planta siendo más fuerte su presencia en la floración.

Trips (*Frankliniella sp*)

La flor blanca de la arveja provee de un refugio a los trips, por ser una planta fabácea la estructura de la flor hace a las aplicaciones de insecticidas poco efectivas al hacerlas en momentos y forma inadecuada.

Se reporta que las aplicaciones hechas con anterioridad no eran efectivas y por lo tanto las aplicaciones eran ha intervalos cortos al observar que la presión de la plaga no disminuía, no se cuenta con reportes de conteo de trips por flor o por planta, sin embargo el daño reportado en el fruto se observa en el rechazo que provoca, llegando en época seca hasta un 60% de rechazo por *mancha verde*, nombre que se le da al daño provocado por el trips. (8)

Siendo el trips un insecto Holometábolo, completa la fase de pupa en el suelo, por lo que en época lluviosa las poblaciones se ven disminuidas de manera natural por efecto del

agua en el suelo, al surgir el adulto este trepa a la planta hasta la flor, al llegar al ovario el insecto oviposita en el interior de los tejidos haciendo muy difícil eliminar el estado de huevo, una vez ovipositado el huevo en los tejidos jóvenes el daño es inminente, por lo que el momento ideal y de mayor vulnerabilidad de la plaga es en etapa adulta evitando que oviposité e ir disminuyendo la presión de la plaga, sin embargo en este periodo, como ya se mencionó, la misma planta dificulta aplicar eficazmente los productos.

Los productos utilizados poseen como ingredientes activos: el *spinosad*, *metiocarb* y *extracto de ajo*, estos se mezcla con fungicidas y fertilizantes foliares.

3.1.7 METODOLOGÍA

El experimento se llevó a cabo en la finca “El Cóndor” ubicada a 1 kilómetro de Zaragoza y en la finca “Las Gemelas” a 3 Km de Chimaltenango, se realizó del 2 al 8 de abril de 2010, época seca y momento adecuado para que la población de trips aumente.

El experimento se realizó comparando tres tratamientos, en el cual se procedió a la aplicación de los diferentes tratamientos en parcelas de 10 metros de ancho por 50 metros de longitud, de esto se procedió a tomar tres surcos por cada parcela y muestrear 10 plantas al azar por cada surco dentro de la parcela.

Luego de tener las plantas se procedió a seleccionar la flor localizada en la parte media, siendo está madura, se contó 30 flores por parcela al inicio y dos días después de la aplicación, por ser los productos evaluados de choque se hizo el conteo tres días después de la aplicación.

3.1.7.1 Tratamientos

Tratamiento 1: Aplicación de metiocarb

Se aplicó con mochila de 16 litros a una dosis de 1 copa de 25 cc/bomba de 16 lit. Es un insecticida-acaricida que actúa como tóxico gástrico y de contacto, destacando esta segunda forma de acción. Además de un rápido efecto inicial, ofrece una buena acción persistente. (Panfleto Mesurol 50 PM)

Tratamiento 2: Aplicación de repelente con spinosad (SpyBr).

Se aplicó el producto que contiene el ingrediente activo a una dosis de 8 cc de producto por mochila de 16 litros en combinación con extracto de ajo a una dosis de 40 cc de producto por mochila de 16 litros.

Los Spinosins son compuestos con efecto insecticida derivados de la naturaleza, a partir de especies de actinomicetos, *Saccharopolyspora spinosa*, caracterizada como bacteria. El spinosad (nombre común propuesto) es una mezcla de los dos factores más activos A y D.

Ha mostrado el spinosad un excelente control de muchas especies de insectos que atacan a los cultivos. Ha sido demostrado su efecto contra los órdenes Coleóptera, Diptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Siphonoptera y Thysanoptera. El Spinosad es relativamente inactivo contra insectos chupadores, predadores y acaros.

Posee un efecto tanto de contacto como estomacal, pero ha mostrado ser cinco veces más activo vía oral, en larvas de *Heliothis virescens* (Panfleto Spinoace 12 SC).

Aplicación

Para la evaluación de los tratamientos anteriores se procedió a calibrar el equipo de aplicación y procurando tener la mayor cobertura de la planta especialmente flores para eliminar progenitores de trips (*Frankliniella spp*) y disminuir la presión de la plaga sobre el cultivo.

3.1.8 Resultados

Se realizaron los respectivos conteos en las parcelas dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 30 Promedios de trips por flor en el conteo inicial comparado con el segundo conteo después de aplicado los tratamientos finca “El Cóndor”.

	Tratamiento		
	Conteo Inicial	Metiocarb	Spinosad y Repelente
Trips por flor	3,1	2,4	1,1

En el cuadro 30 se presenta el conteo inicial y el resultado del conteo posterior en cada parcela con su respectivo tratamiento, éste conteo se realizó 3 días después de la aplicación. Los promedios presentados son generales ya que se calcularon en base de los datos obtenidos de cada surco, promediando los datos por cada parcela.

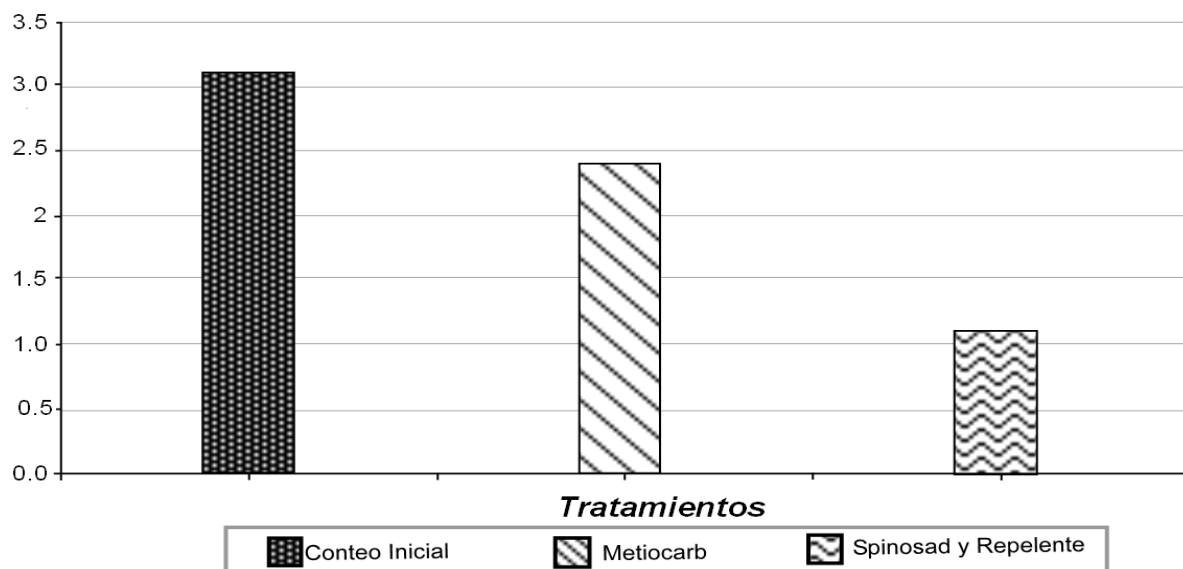


Figura 29 Comparación del promedio de trips/flor obtenido en el conteo inicial frente a los conteos posteriores en las mismas parcelas bajo los dos tratamientos, finca “El Cóndor”.

En la figura 29 se muestra claramente que la aplicación del Spinosad combinado con un repelente disminuye la presión de la plaga sobre el cultivo reduciendo un 64% la presencia de trips en comparación de la población inicial para este caso.

Se procedió a realizar el análisis de varianza para observar si existe significancia a un nivel del 5% de confiabilidad.

Cuadro 31 Prueba T de Trips por flor para los tratamientos aplicados, Finca “Las Gemelas”.

Prueba t para una media

Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0							
Variable	n	Media	DE	LI (95)	LS (95)	T	p (Bilateral)
Bralic mas Spinosad	20	1,3	1,17	0,75	1,85	4,95	0,0001
MesuroI	20	2,75	2,17	1,73	3,77	5,66	<0,0001

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0.05$)

El cuadro 31 presenta en base a las medias de los tratamientos la diferencia entre uno y otro, en donde el que posee p (*Bilateral*) = a 0.0001 es el mejor tratamiento en la disminución de la presión de la plaga, quedando como segundo el tratamiento de metiocarb y ambos superaron al conteo inicial.

Cuadro 32 Promedios de trips por flor en el conteo inicial comparado con el segundo conteo después de aplicado los tratamientos finca “Las Gemelas”.

	Tratamiento		
	Conteo Inicial	Metiocarb	Sp y Br
Trips por Flor	3,6	2,7	1,4

En el cuadro 32 la finca Gemelas se observa la misma tendencia que en la finca el cóndor para la misma fecha en la que se realizó el conteo de trips, siendo los datos en el conteo inicial muy similares. Los resultados obtenidos tienen total coherencia con los descritos anteriormente.

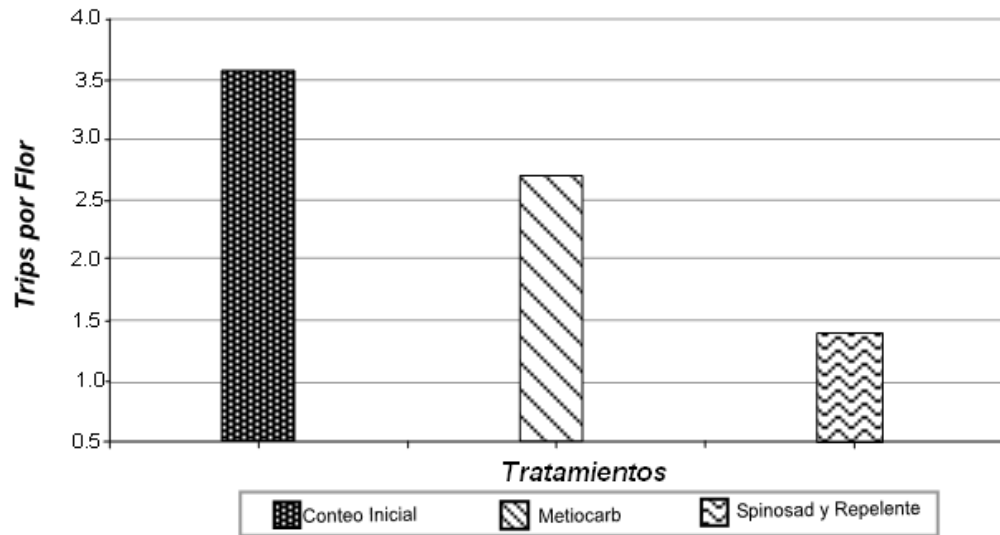


Figura 30 Comparación del promedio de trips/flor obtenido en el conteo inicial frente a los conteos posteriores en las mismas parcelas bajo los dos tratamientos, finca “Las Gemelas”.

Al igual que en la finca el cóndor los resultados presentes en el cuadro 30 muestran la tendencia de los tratamientos, en donde la aplicación de spinosad más un repelente posee una diferencia de 61% comparado con el conteo inicial y deja en segundo lugar al metiocarb.

Observando la diferencia marcada se procedió a realizar la prueba de T para los datos de los conteos en la Finca El condor.

Cuadro 33 ANDEVA de Trips por flor para el conteo inicial y los tratamientos aplicados, Finca “El condor”.

Prueba t para una media

Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0							
Variable	n	Media	DE	LI (95)	LS (95)	T	p (Bilateral)
Bralic mas Spinosad	20	1,1	1,02	0,62	1,58	4,82	0,0001
MesuroI	20	2,4	1,39	1,75	3,05	7,71	<0,0001

Letras distintas indican diferencia significativas ($p \leq 0.05$)

Indica que en orden descendente, el mejor tratamiento fue la aplicación de spinosad en mezcla con el repelente de ajo, dejando como segundo al metiocarb y ambos fueron superiores en la disminución de la presión de la plaga comparada con el conteo inicial.

3.1.9 Evaluación

La aplicación de la mezcla de spinosad el repelente a base de ajo obtuvo una media de 1.4 Trips por flor disminuyendo 61% de la población inicial, mientras que la aplicación de metiocarb se obtuvo la reducción de un 25% de la población inicial. Esto quiere decir que por cada 1 insecto muerto en el tratamiento del metiocarb, murieron 2.44 insectos en la combinación de spinosad y el repelente teniendo una efectividad superior del 59% más que el tratamiento de metiocarb.

3.4 **EVALUACIÓN DE TRES COMBINACIONES DE FUNGICIDAS BAJO EVALUACIÓN EPIDEMIOLÓGICO EN EL AVANCE TEMPORAL DE LA MARCHITEZ DE LA ARVEJA CAUSADA POR *Fusarium axysporium*f. sp.pisi EN FINCA SAN ANDRÉS, SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO.**

3.1.10 **Objetivos**

3.1.10.1 **General**

Evaluar la combinación de fungicidas aplicados al suelo en la disminución de la incidencia de la marchitez de la arveja (*Pisum sativum* L).en el ciclo del cultivo.

3.1.10.2 **Específicos**

- a. Identificar la etapa fenológica en la que se incrementa la incidencia de *Fusarium axysporium*f. sp.pisi.
- b. Calcular el índice de crecimiento (QR) de la marchitez para los diferentes tratamientos.

3.1.11 **Marco teórico**

Otro de los problemas detectados que necesitaban de una solución para el manejo de la marchitez de la arveja, causada por *Fusarium axysporium* f. sp. *Pisi* utilizando fungicidas aplicados mediante el sistema de riego, en la actualidad no existe fungicida que actué de manera determinante en el control del patógeno. Esto viene a formar parte de la línea de investigación para el manejo del patógeno y cultivar de manera sostenible. La acción de los fungicidas utilizados es sistémica y de contacto.

Los antecedentes de la técnica, se derivan de la utilización de triazoles en cultivo de melón, en el cual se aplica a los treinta días después de trasplante, para combatir *F.axysporium*.

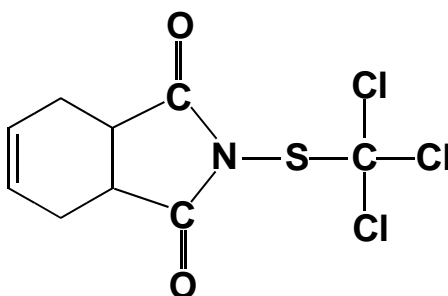
En arveja se ha utilizado la mezcla de los compuestos carbendazim y propamocarb en aplicaciones foliares. Variar la forma de aplicación colocando el producto en la zona afectada, en sistema radical, sería una mejor manera debido a que la mayoría de productos sistémicos incluidos los dos anteriores son absorbidos por la planta a través de su follaje o raíces y los translocan en sentido ascendente y por vía interna a través del xilema. También se indica que los fungicidas sistémicos son translocados en sentido ascendente en la corriente de transpiración y pueden acumularse en el borde de las hojas, mientras que en sentido inverso a través del floema es muy raro o no se lleva a cabo. En su mayoría sólo son localmente sistémicos en hojas que han sido rociadas y la mayoría tienen mayor efecto cuando son aplicados como tratamiento de la semilla. (G. N. Agrios, John C. Walker y Panfleto Captán Vallés 50 WP)

Los únicos datos obtenidos de la dureza de la enfermedad en la parcela antes del experimento, los comenta el Jefe de Finca Emiliano Alonso, quien indica que la plantación es afectada a tal punto que los rendimientos obtenidos en promedio son de eran de 8 quintales por cuerda (3272.72 Kg/ha), y la cosecha situada como la peor fue de 6 quintales por cuerda (2454.5 Kg/ha). No provee datos de incidencia pero indica que a partir de los 45 días la situación se agudiza en los campos, situación confirmada por Genaro Boror Jefe de la Finca “El Cóndor”, ubicada en Zaragoza este mismo aspecto lo afirma Edwin Girón; Jefe de la Finca “Las Gemelas”, indicando lo siguiente: “Que al entrar en la floración *F. axysporium* bota la plantación”, relatando que en temporadas pasadas se obtuvo una cosecha de 6 quintales por cuerda (2454.5 Kg/ha).

Se sitúa la aparición de plantas marchitas desde las primeras etapas del cultivo y al entrar en la floración la epidemia se acentúa.

3.1.11.1.1 Captán

Fungicida-Ftalimina captán, es una sustancia que pertenece al grupo de sustancias pulverizables, compuestos heterocíclicos, derivadas del Cloro con un amplio campo sobre el follaje, así como las semillas. El ingrediente activo de este compuesto es el *N-(triclorometiltio)-4-ciclohexeno-1,2-dicarboxiamida*.



Estructura Química Captán

Es un fungicida que posee un modo de acción protectante y actúa por contacto. La mayoría de estos los compuestos pertenecientes a este grupo inhiben la síntesis de los compuestos esenciales que tienen los grupos $-NH_2$ y $-SH$ (aminácidos y enzimas).

Se recomienda como tratamiento al suelo en almácigos y trasplantes, haciéndose antes de la siembra, para prevenir enfermedades como pudrición de la raíz (Damping-off) (*Fusarium sp.*) y (*Rhizoctonia sp.*); además se utiliza en el control de manchas foliares, tizones, pudriciones del fruto; esto afecta a algunos frutos, hortalizas, céspedes y plantas de ornato.

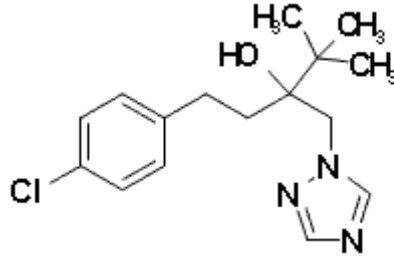
La dosis de acuerdo al panfleto es a razón de 100 a 150 gr por 100 m^2 o 250 gr para cada 100 litros de agua antes colocar las plantas en su lugar definitivo, sin embargo en el mismo panfleto se recomienda para hortalizas una dosis de 2.2 a 4.5 kilogramos por hectárea utilizando 1892.5 litros de agua por hectárea. (G. N. Agrios, John C. Walker y Panfleto Captán Vallés 50 WP)

Intervalo de aplicación:	7 a 14 días, dependiendo de la infestación.
Intervalo entre la última aplicación y la cosecha:	10 días
Intervalo de reingreso al área tratada:	Esperar como mínimo 24 horas.

3.1.11.1.2 Tebuconazole

Se encuentra dentro del grupo de los Fosfatos Orgánicos al cual pertenecen los triazoles, estos muestran una actividad curativa y protectora duradera ante un amplio espectro de enfermedades foliares, de plántulas y raíces (G. N. Agrios). El producto utilizado contiene

el ingrediente activo *tebuconazole*. La fórmula química es 1-(4-Chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-[1,2,4]triazol-1-ylmethyl-pentan-3-ol (Bayer).



Estructura Química Tebuconazole

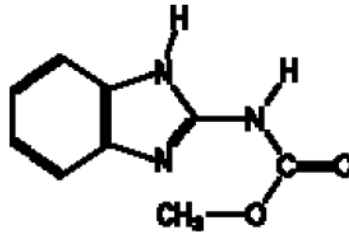
Fungicida sistémico de efecto preventivo, curativo y erradicativo. Actúa en los hongos susceptibles inhibiendo la C14-demethylasa en la biosíntesis del ergosterol, incluso después de haberse iniciado la infección y de hacerse visible los primeros síntomas. Se aplica mediante aspersiones foliares y para el tratamiento de semillas y suelos (G. N. Agrios, panfleto Folicur WE 25 y Bayer).

Resulta efectivo en el control preventivo y curativo de *Alternaria sp.*, *Blumeriella sp.*, *Botryosphaeria sp.*, *Botrytis sp.*, *Cercospora sp.*, *Curvularia sp.*, *Erysiphe sp.*, *Exobasidium sp.*, *Fusarium sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Hemileia sp.*, *Leptosphaeria sp.*, *Monilinia sp.*, *Mycena sp.*, *Mycosphaerella sp.*, *Phakospora sp.*, *Podosphaera sp.*, *Puccinia sp.*, *Pyrenopeziza sp.*, *Pyrenophora sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Rhynchosporium sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Sclerotium sp.*, *Septoria sp.*, *Uncinula sp.*, (Bayer).

Intervalo de aplicación:	7 a 14 días, dependiendo de la infestación.
Intervalo entre la última aplicación y la cosecha:	14 días
Intervalo de reingreso al área tratada:	Esperar como mínimo 24 horas.

3.1.11.1.3 Carbendazim

Fungicida - Benzimidazol carbendazim, Comprende a los fungicidas sistémicos hasta ahora más importantes. Los fungicidas dentro del grupo de los benzimidazoles son efectivos a diferentes tipos de enfermedades que ocasionan una gran variedad de hongos. Su nomenclatura es Metil benzimidazol-2-ilcarbamato.



Estructura Química Carbendazim

La mayoría de los benzimidazoles son convertidos en la superficie de las plantas al compuesto metil benzimidazol carbamato (MBC, carbendazim), es un fungicida que posee un modo de acción protectante y curativa. La mayoría de los compuestos pertenecientes a este grupo interfieren en la división nuclear, en la biosíntesis del ADN de los hongos que son sensibles. Actúa sobre la división celular, impidiendo la formación del huso acromático (Microtúbulos compuestos de tubulina) a nivel de la profase y de la culminación de la división celular (Mitosis). Inhibe el desarrollo de los tubos germinativos, la formación de apresorios y el desarrollo del micelio. Esto debido a que el Carbendazim es un inhibidor de la síntesis de la beta tubulina. (Agrios y Panfleto Inicio 50 SC)

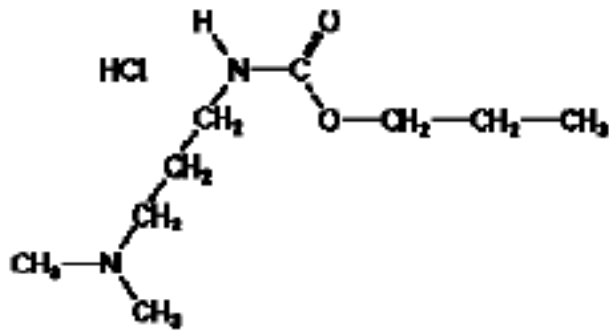
Debido a que el carbendazim es sistémico y es fácilmente absorbido por las raíces, siendo su translocación acropétala (Ascendentemente) se puede aplicar al suelo, presentando en este medio una movilidad moderada y prácticamente no se volatiliza. Teniendo efecto sobre *Fusarium axysporium* y otros patógenos del suelo. (Ficha técnica Carbendazim 50 SC e internet).

La dosis utilizada en el campo fue de 0.5 litros por hectárea.

Intervalo de aplicación:	7 días, dependiendo de la infestación.
Intervalo entre la última aplicación y la cosecha:	7 días
Intervalo de reingreso al área tratada:	Esperar como mínimo 24 horas.

3.1.11.1.4 Propamocarb

Fungicida – Carbamato propamocarb, ingrediente activo recomendado para *Pythium sp.* se utilizó en el experimento en combinación con el carbendazim, pertenece al grupo químico de los carbamatos, su nomenclatura es Propil-3-(dimetilaminopropil) carbamato HCl.



Es un fungicida de acción sistémica es absorbido por las raíces y transportado acropetalmente, también penetra a través de las hojas y su crecimiento es acropétal para proteger el nuevo crecimiento. Es eficaz para el control de *Pythium*, *Phytophthora*, *mildius*, algunas royas y otros hongos patógenos. Se aplica mediante la inmersión de plántulas, o se incorpora directamente al suelo, tratamiento de semillas, se asperja en la superficie del suelo y por aspersión foliar. (Agrios y panfleto DOBLEVIA 72 SL)

La dosis aplicada fue de 0.5 litros por hectárea. Se recomienda que las aplicaciones se realicen en forma preventiva. Aplicar en el momento de la siembra o trasplante y en caso de necesidad repetir a las 4 a 6 semanas.

Intervalo de aplicación:	5 a 10 días según el grado de la infestación
--------------------------	--

Intervalo entre la última aplicación y la cosecha: 7 días

Intervalo de reingreso al área tratada: Esperar como mínimo 0 horas.

En las fusariosis el órgano afectado es la raíz, y por la premisa expuesta anteriormente con respecto de los fungicidas sistémicos se procedió a dosificar junto a los triazoles los compuestos de carbendazim, propamocarb y captán diferentes etapas y combinaciones.

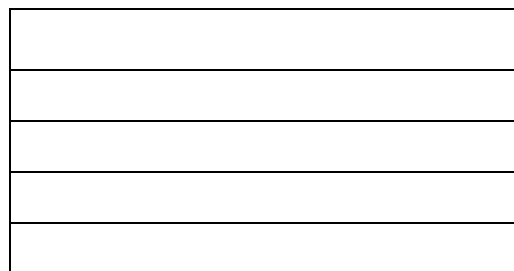
3.1.12 Metodología

Para el presente estudio se utilizó el análisis temporal de la enfermedad el cual indica el comportamiento de la enfermedad durante el ciclo del cultivo. Se realizaron 5 muestreos estos se hicieron desde los 35 días después de siembra (dds) hasta los 72 dds, a cada 7 días aproximadamente

Se realizaron 4 aplicaciones de fungicidas con diferente ingrediente activo en tres combinaciones diferentes, estas aplicaciones se realizaron desde 26 dds hasta los 55 dds.

Se realizaron tres parcelas con las siguientes medidas: 10 metros de largo por 5 metros de ancho (6 surcos).

10 metros



5 metros

En cada uno de los surcos se procedió a contar las plantas vivas en los surcos antes de la aplicación de lo fungicidas.

3.1.13 Variable a evaluar

3.1.13.1 Incidencia

La variable a evaluar fue la incidencia de la marchitez presentada en las plantas, para determinar la planta infectada, se observó los síntomas presentados tales como flacidez, amarillamiento y marchitamiento.

3.1.13.2 Índice de crecimiento

El índice de crecimiento se toma en base a los datos obtenidos a lo largo de los muestreos indicando la velocidad de crecimiento por día de la población infectada, este crecimiento para una epidemia de ciclo simple se calcula con la ecuación, dada por Van der Plank en 1963.

$$QR = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left(\log_{10} \frac{1}{1 - x_2} - \log_{10} \frac{1}{1 - x_1} \right)$$

3.1.14 Tratamientos

T1 = carbendazim más propamocarb, captán y tebuconazole (I+DV+C)

La combinación fue: Primera aplicación la mezcla de propamocarb y carbendazim a una dosis de 0.5 litros de producto comercial por hectárea para ambos productos. Segunda aplicación captán a una dosis de 5 kilos por hectárea, la tercera y cuarta se aplicó tebuconazole con una dosis de 0.4 litros por hectárea de producto comercial.

T2 = captán y tebuconazole (C)

Para el segundo tratamiento sólo se utilizó captán y tebuconazole, en las primeras dos aplicaciones se aplicó captán a una dosis de 5 kl/ha de producto comercial; en la tercera y

cuarta aplicación se colocó tebuconazole a una dosis de 0.4 litros por hectárea de producto comercial.

T3 = carbendazim más propamocarb y tebuconazole (I+DV)

Las primeras aplicaciones se utilizó la mezcla de propamocarb y carbendazim a razón de 0.5 litros por hectárea de producto comercial de ambos ingredientes activos; en la tercera y cuarta aplicación se colocó tebuconazole.

3.1.15 Resultados

Los problemas causados por la marchitez de la arveja, es un fenómeno nacional, en el cual los esfuerzos para resolverlo han sido mínimos, en la finca donde se evaluaron los rendimientos obtenidos fueron de 14 quintales/cuerda (5727.3 Kg/ha).

Los muestreos indican que bajo las tres diferentes combinaciones de fungicidas el comportamiento de la epidemia a través del tiempo de cultivo varió con respecto a la velocidad de nuevas plantas infectadas, esto se observa en el porcentaje acumulado de la incidencia por surco que se presenta en el cuadro 38.

Cuadro 34 Porcentajes acumulados de la incidencia por cada tratamiento.

Surco	porcentaje acumulado de incidencia		
	Inicio mas Doble Via mas Captan	Captan	Inicio mas Donle Via
A	49,2	53,8	19,3
B	67,0	44,2	11,5
C	47,1	38,9	22,7
D	36,6	36,9	290,9
E	19,8	53,7	27,6
F	35,6	36,4	22,0

En base al cuadro anterior se realizó el análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa a un 5 % de confianza. Se construyó la figura 31 comparativa de los porcentajes totales de cada tratamiento, estos porcentajes se obtuvieron con el dato de la población total de plantas en cada tratamiento frente a el total de plantas infectadas, se contabilizó para el tratamiento identificado como *I+DV+C* un total de 765 plantas en el conteo inicial, para el tratamiento *C* se contabilizó un total de 698 plantas y para el tratamiento *I+DV* se contó 814 plantas. En los conteos finales de plantas infectadas se contabilizó para el primer tratamiento 320 plantas, para el segundo 305 y para el tercer tratamiento un total de 173 plantas infectadas, estos datos representan los porcentajes del cuadro 37.

Cuadro 35 Porcentaje de incidencia total por cada tratamiento.

	Tratamiento		
	Inicio mas Doble Via mas Captan	Captan	Inicio mas Donle Via
Porcentaje Incidencia Total	41,83	43,7	24,2

Se observa que el dato con el menor porcentaje es el tratamiento de *inicio más Doble vía* con un 12.65% de la población total infectada.

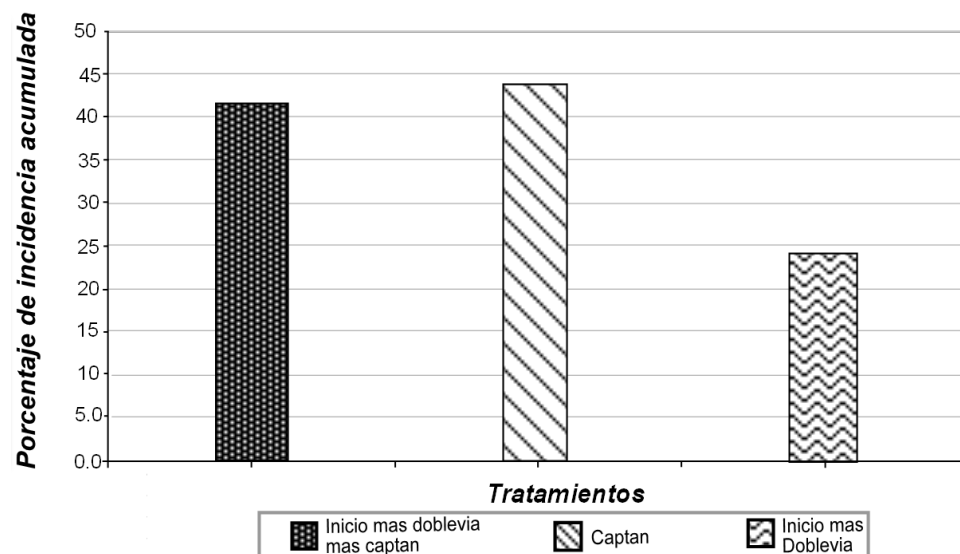


Figura 31 Porcentajes de incidencia para cada tratamiento.

La figura 31 muestra la diferencia obtenida entre los tratamientos, mostrando que el tratamiento al cual se le aplicó propamocarb y carbendazim posteriormente tebuconazole (I+DV) es el mejor tratamiento. Esto sugiere que el captán no es eficaz para el control de las fusariosis y que una sola aplicación de la mezcla de propamocarb y carbendazim en los primeros estados fenológicos de la planta no es adecuada para su manejo y que por su lado la aplicación de la mezcla en las primeras etapas y al entrar la floración son más eficaces en el manejo de la fusariosis, sin embargo cabe resaltar que las raíces con mejor aspecto son las tratadas con captán.

Cuadro 36 ANDEVA para porcentaje acumulado de la incidencia por tratamiento.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Trips/Flor	18	0.5	0.44	30.12	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1809.17	2	904.6	7.61	0.0052
Tratamiento	1809.17	2	904.6	7.61	0.0052
Error	1782.37	15	118.8		
Total	3591.54	17			

En el cuadro 40, Andeva denota que existe una diferencia significativa entre los tratamientos por los que se prosigue a realizar el test de TUKEY.

Cuadro 37 Test TUKEY para porcentaje acumulado de la incidencia por tratamiento.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.35428				
Error: 118.8244		gl:15		
Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Inicio más doble vía	22.04	6	4.45	A
Inicio más Doble vía más Captan	42.55	6	4.45	B
Captan	43.98	6	4.45	B

Letras distintas indican diferencia significativas ($p < 0.05$)

Muestra como primer lugar al tratamiento *I+DV* siendo segundo la combinación de captán y la mezcla de propamocarb y carbendazim y en tercer lugar a la utilización de captán para los primeras etapas del cultivo. Indica que entre el segundo y tercero no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

3.1.15.1 Análisis epidemiológico de la incidencia

Se procedió a analizar el comportamiento de la epidemia a través del ciclo del cultivo indicando cuantas plantas eran infectadas en cada semana y acumulando el resultado se obtuvo la siguiente figura.

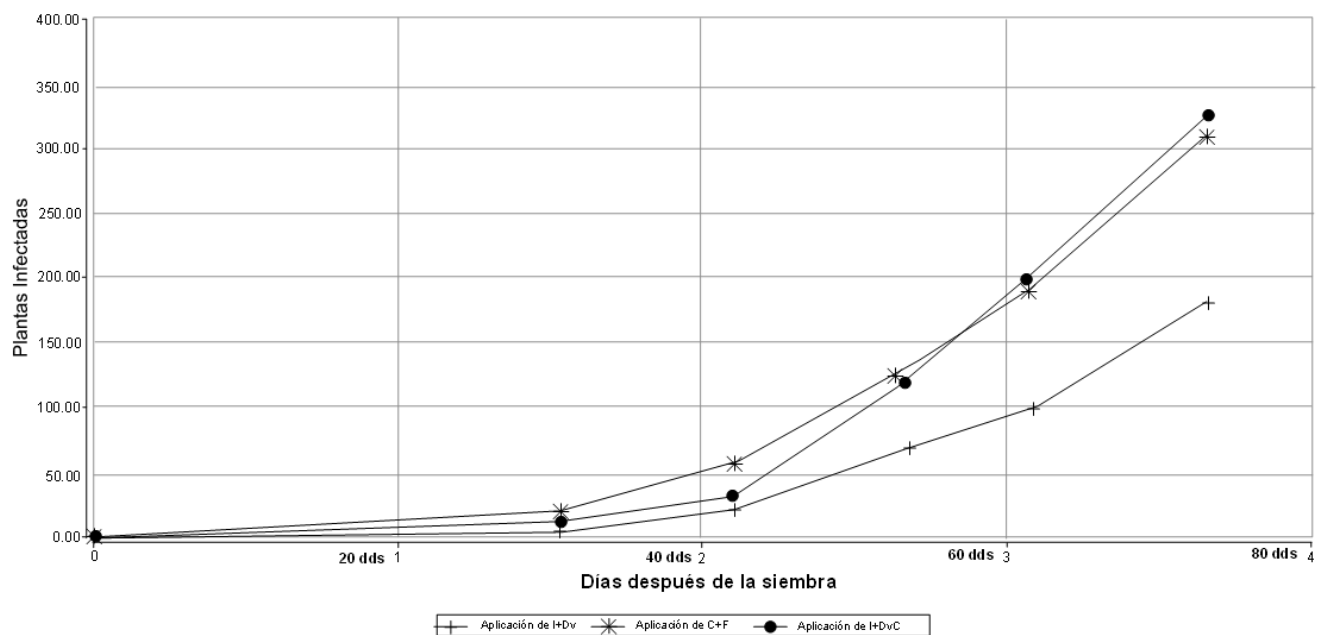


Figura32Comportamiento de la epidemia en el ciclo del cultivo.

El grafico muestra como las curvas de las plantas infectadas avanza durante el periodo de los 35 dds hasta los 72 dds, momento en el cual la planta está ya en producción.

3.1.15.2 Índice de crecimiento

Como lo muestra la figura 31 la curva de cada tratamiento tuvo diferente comportamiento esto se ve reflejado en la velocidad de infección en las tres poblaciones bajo diferente combinación de fungicidas, a esta velocidad se enmarca dentro del índice de crecimiento QR.

Cuadro 38 Porcentaje de infección por cada 100 plantas.

Tratamiento	Porcentaje
Inicio más Doble vía más Captan	1,47
Captan	1,52
Inicio más doble via	0,75

Este índice se calculó en un lapso de 36 días desde el primer muestreo y hasta el último, indicando que para el tratamiento $I+DV+C$ el QR es de 0.0147 y el porcentaje de infección es de 1.47%/día, para el tratamiento C el índice es de 0.0152 y el porcentaje de infección es de 1.57%/día, y para el tratamiento $I+DV$ el índice es de 0.0075 siendo el porcentaje de infección 0.75%/día, cada porcentaje indica el número de plantas que son infectadas en un día por cada 100 plantas.

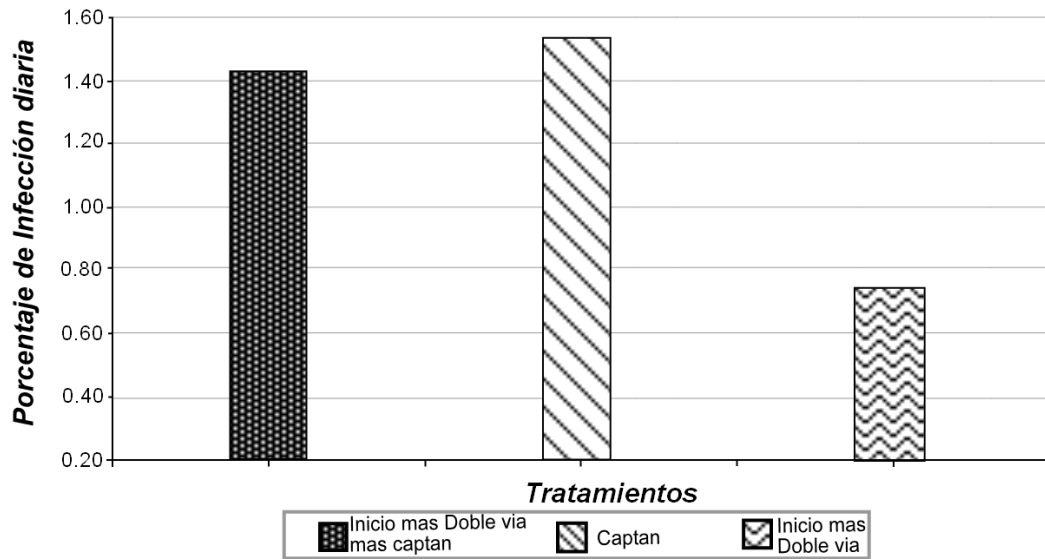


Figura33 Comparación de los porcentajes de infección por día en cada tratamiento.

3.1.16 Evaluación

Los datos presentados anteriormente en el índice de crecimiento indican que en una hectárea del cultivo se perdían diariamente 3123.75 plantas por hectárea aproximadamente lo que equivale a 145 m² para el tratamiento *I+Dv+C* y para el final de los 36 días se habían perdido 5220 m², lo que representa una pérdida de 62 quintales (2818.18 kilogramos por hectárea). Para el tratamiento *I+DV* por día se perdió aproximadamente 1593.75 plantas por hectárea, esto representa al final de los 36 días 2700 m² siendo una pérdida 32.4 quintales (1472.8 kilogramos por hectárea) disminuyendo las pérdidas del 47.7 %.

Lo presentado anteriormente indica que la aplicación de los fungicidas por el sistema de riego posee una diferencia significativa sobre la incidencia de la epidemia causada por *Fusarium axysporium* que incrementa los ingresos percapita por unidad de tierra.

El estudio indica que el aumento acelerado de la epidemia inicia a partir de los 45 días dds periodo en el cual la planta entra en el periodo de floración.

3.5 **Evaluación de Fertilizante Foliar (Multifeed) para ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en finca San Andrés, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.**

3.1.17 **Objetivos**

3.1.17.1 **General**

Evaluar el efecto del fertilizante foliar en tres aplicaciones sobre el rendimiento del ejote francés (*Phaseolus vulgaris*).

3.1.17.2 **Específicos**

- a. Cuantificar el efecto del fertilizante foliar en el aumento del peso de la vainas de ejote.

3.1.18 **Metodología**

La constante evaluación de productos agrícolas de toda índole se realiza, en principio para investigar si aplicar los productos ya sea plaguicidas, fertilizantes foliares u otros es rentable, además de incrementar la producción de forma sencilla y económica.

Se realizó la aplicación de un fertilizante foliar completo conteniendo macro y micronutrientes, el producto utilizado tiene el nombre comercial de **Multifeed leguminosas**, en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), a la fecha se han aplicado fertilizantes foliares ha cultivos anteriores sin tener la respectiva evaluación de los mismos, a menudo no se aplica ningún tipo de fertilizante foliar.

Cuadro 39 Composición química del fertilizante foliar Multifeed.

Elemento	Porcentaje
Nitrógeno	14
P ₂ O ₅	27
K ₂ O	23
Cobre	0.011
Molibdeno	0.007
Boro	0.02

Hierro	0.1
Manganesio	0.05
Zinc	0.015

Es un polvo mojable, especifica que alarga el tamaño de la vaina y aumenta el peso de la misma, la época para la aplicación es a los 35 días después de siembra, momento en el cual la planta inicia la floración, esto para proveer de los nutrientes necesarios que la planta requiere en esa etapa fenológica.

La dosis recomendada es de 5 copas de 25cc / mochila de 16 litros ó aplicar 1.5 Kg/tonel, es decir 1.5 kilogramos por 200 litros de agua. Se aplicó 137.5 gramos por mochila de 16 litros a referencia de la densidad del producto la cual es de 1.1 gramos por litro.

Se realizaron cuatro parcelas 2 con el tratamiento y dos de testigos, la prueba se realizó en la finca “San Andrés”, ubicada en San Andrés Itzapa. Para la aplicación se utilizó una mochila de 16 litros se realizaron tres aplicaciones que se detallan a continuación:

Cuadro 40 Fechas de aplicaciones y periodo de días antes de cosecha (Dac) y días después de siembra (dds)

Fecha de Aplicación			Terrazas B		Terrazas C	
	T B	T C	Dac	dds	Dac	dds
Primera	28/04/2010	28/04/2010	6	52	16	45
Segunda	03/05/2010	03/05/2010	0	57	11	50
Tercera	06/05/2010	06/05/2010	-3	60	8	53

La diferencia en las parcelas fue la edad del cultivo, en las terrazas B la aplicación se llevó a cabo una semana antes de la cosecha, y para la terraza C la aplicación se realizó 2 semanas antes del corte periodo en el cual la planta está iniciando la floración.

3.1.19 Resultados

Para la evaluación del producto denominado Multifeed Leguminosas (Duwest) se aplicó en tres ocasiones para las parcelas del tratamiento, se realizaron tres cortes para las cuatro parcelas pesando el producto dando los siguientes datos en libras por área.

Cuadro 41 Registros de las libras cortadas por cada parcela.

Cortes y cantidad de libras

	Libras tratamiento		Libras Testigo		Fecha de Cosecha	
	TB 252 m ²	T C 462 m ²	TB 252 m ²	T C 528 m ²	TB	TC
1er. Corte	134	668	127	667	03/05/2010	13/05/2010
2do. Corte	184	214	169	202	10/05/2010	17/05/2010
3er. Corte	90	73	48	79	14/05/2010	21/05/2010
Total	408	955	344	948		

En el cuadro 43 se muestra los datos obtenidos para las terrazas C (TC) para el área de cada uno de los tratamientos respectivamente. Se muestra la cantidad de libras por metro cuadrado para uniformar la información. Estos datos se desglosaron para la interpretación de cada terraza independientemente.

En el cuadro 44 se muestra, para la terraza B, las libras de corte para 252 m² siendo graficados para observar las curvas de producción.

Cuadro 42. Fechas de cortes y libras producidas en cada corte.

Fecha de corte	TB 252 m ² Multifeed	TB 252 m ²
03/05/2010	134	127
10/05/2010	184	169
14/05/2010	90	48

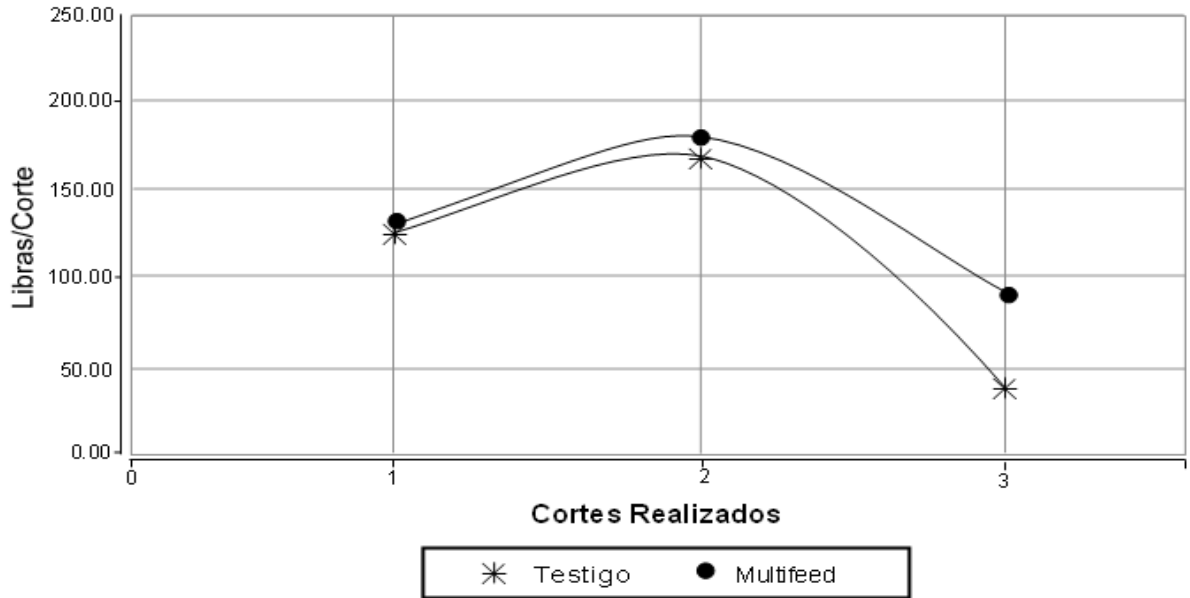


Figura34 Producción del tratamiento versus el testigo.

En la figura 34 se observa como el fertilizante foliar (Multifeed) prevaleció sobre el testigo durante todo el tiempo de cosecha.

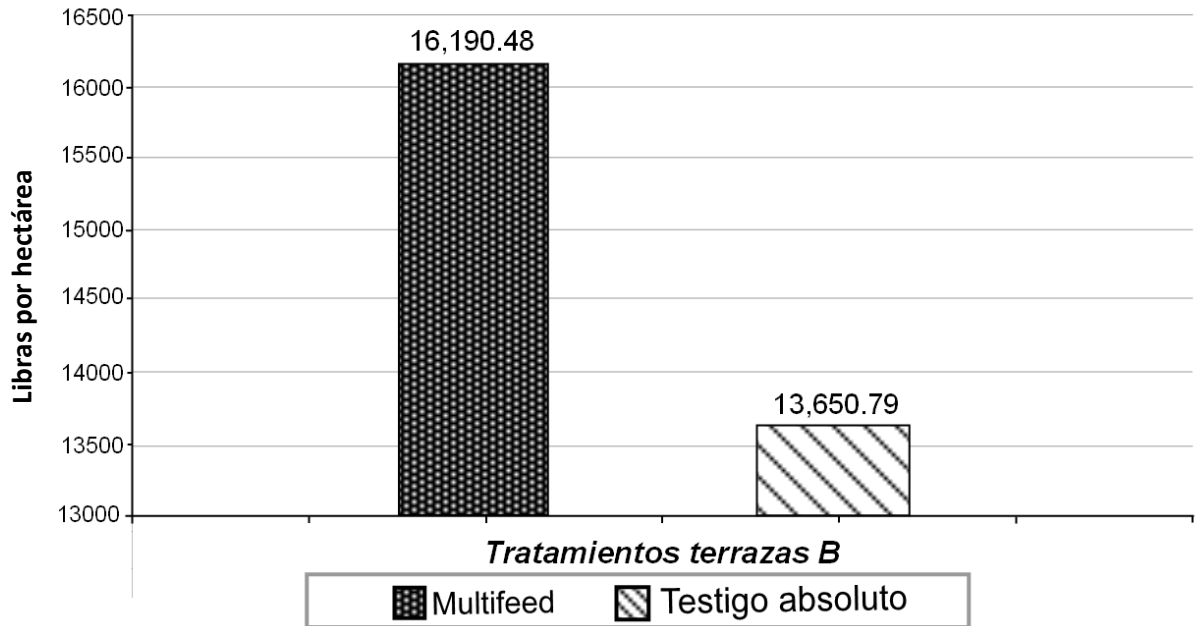


Figura35 Comparación de la producción total de las parcelas experimentales.

Los datos anteriores se extrapolaron a libras por hectárea y al comparar los datos se observa el aumento de las libras sobre el testigo al cual no se le aplicó fertilizante foliar. La diferencia observada representa un total de 15.6%

Se realizó las mismas observaciones para las terrazas C (TC) teniendo los siguientes resultados:

Cuadro 43 Fechas de corte y libras producidas en las parcelas experimentales.

Fecha de corte	T C 462 m ² Multifeed	T C 462 m ²
13/05/2010	668	583,625
17/05/2010	214	176,75
21/05/2010	73	69,125

Los datos obtenidos se trabajaron en base a áreas similares para poder realizar el análisis correspondiente, en el cuadro 45 para el tratamiento se observa que las cantidades de libras son mayores que para el testigo.

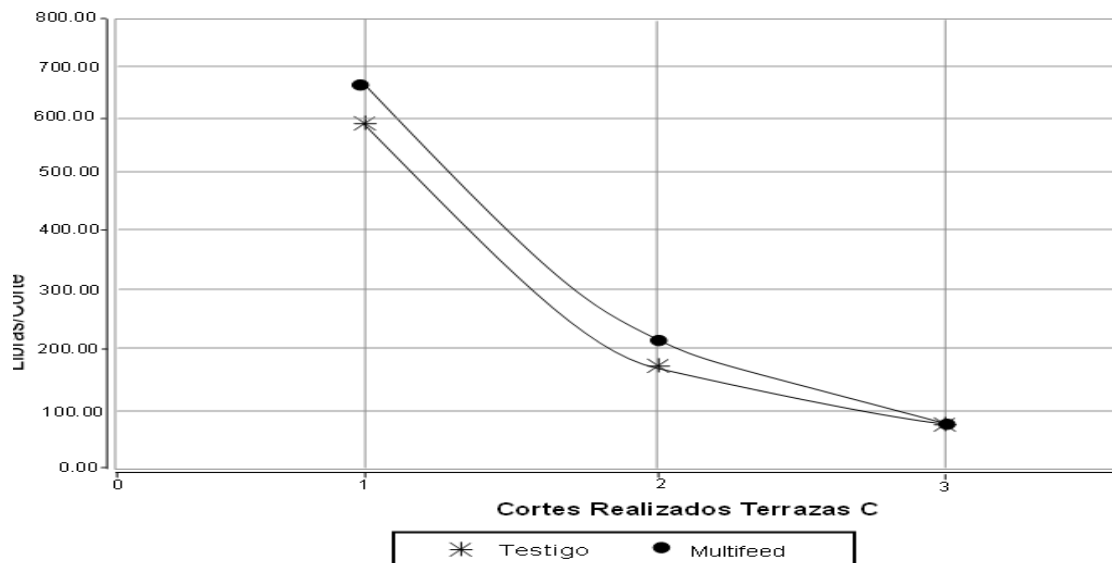


Figura36 Producción del tratamiento versus el testigo.

El comportamiento de las curvas en la figura 36 es opuesto ya que el pico se da en el primer corte y no en el segundo como pasa en la figura 34, sin embargo la curva del tratamiento es superior durante todo el periodo de cosecha.

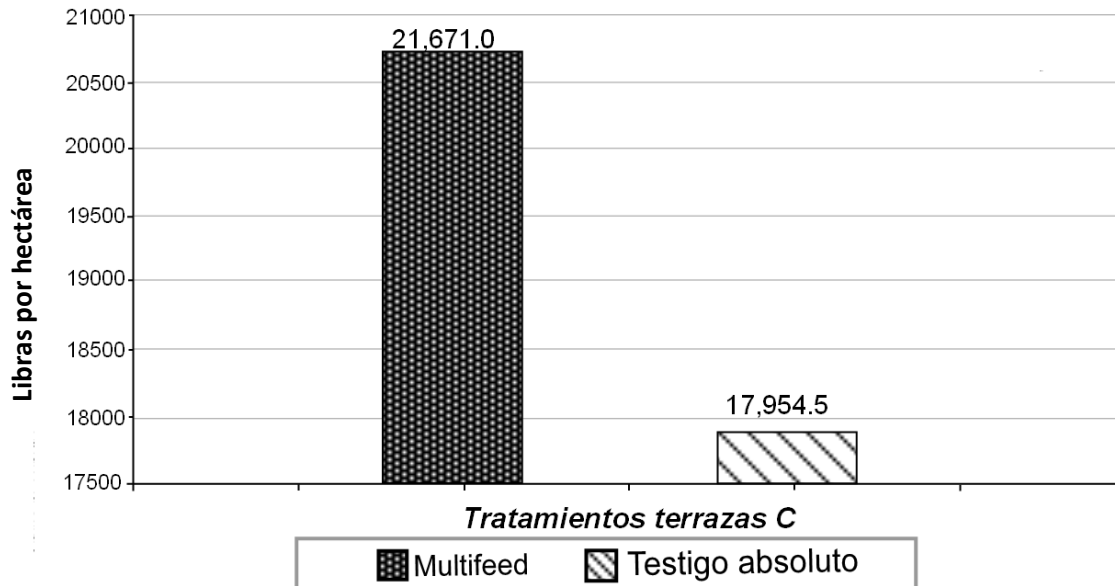


Figura 37 Comparación de la producción total de las parcelas experimentales.

3.1.20 Evaluación

Al trabajar los datos por hectárea y graficarlo se observa el mismo comportamiento que en las parcelas anteriores teniendo un incremento de 13.14%, esto indica que en promedio el producto aumenta en un 14.3% el peso de la producción de ejote por hectárea esto representa un incremento de Q 4,934.38 por hectárea cultivada.

La aplicación del producto en una etapa fenológica del cultivo, temprana, a los 45 días después de siembra (dds), en el momento en que se comienza a formar los primordios florales, no presenta mayor diferencia con aplicarlo a los 52 días, pero sería recomendable hacerlo en la primera fecha ya que ayudaría al mayor aprovechamiento de los nutrientes en una etapa en la cual los requiere.

La aplicación del producto hace que las curvas de libras producidas se mantengan en un mayor rango durante todo el ciclo productivo, que el testigo. El incremento promedio es de un 17%. Esto indica que el aumento de peso por unidad de área es notable.

La comparación de la producción de las parcelas por hectárea, muestra el incremento realizado en la utilización del producto.

Este incremento del 14.3% significa un ingreso neto de Q5,904.5 por hectárea, extras a lo conseguido con la producción en la misma área sin el producto. Esto indica que por cada quetzal obtenido en una hectárea de ejote sin la aplicación se obtiene un margen de 16 centavos extras utilizando el producto por cada libra producida.

Esto indica que la utilización del producto es factible en el cultivo de Ejote.

3.6 **Conclusiones**

- a. El mejoramiento del funcionamiento de los sistemas de riego en las fincas va de acuerdo con la organización de los mismos.
- b. Para el control de Trips (*Frankliniella sp.*) es mejor la combinación de Repelente más el ingrediente activo spinosad.
- c. La aplicación de Propamocarb y Carbendazim en las primeras etapas del cultivo posee un efecto significativo so la supresión de la incidencia de la marchitez de la arveja causada por *Fusarium axysporium*.
- d. La aplicación de los fungicidas representan un aumento del 47.7% en la producción de arveja dulce variedad Sugar Daddy.
- e. La aplicación del fertilizante foliar (Multifedd) es factible para el cultivo de ejote francés, aumentando un 14.3% de la producción.

3.7 **Recomendaciones**

- a. Investigar sobre el tamaño de los caudales para la época lluviosa, saliendo de la época lluviosa y en la época seca, para determinar el área que se puede regar.
- b. Investigar el efecto de la aplicación de la combinación en la planta antes de la floración.
- c. Realizar investigaciones sobre la dosis de los fungicidas en el suelo.
- d. Realizar investigaciones sobre los requerimientos de fertilizantes para el cultivo de ejote.

3.8 **Bibliografía**

1. Agrios, GN. 1999. Fitopatología, control de las enfermedades de las plantas. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, UTEHA. 838 p.
2. Agriphar, BE. 2009a. Doblevia 72 SL, fungicida-carbamato propamocarb. Ougrée, Bélgica. 1 p.
3. Agriphar, BE. 2009b. Inicio 50 SC, fungicida-benzimidazol carbendazim. Ougrée, Bélgica. 1 p.
4. Bayer Cropscience, CL. 2006. Previcur N, propamocarb: última versión 2EU (en línea). Mnheim, Alemania. Consultado 20 mayo 2010. Disponible en <http://www.bayercropscience.cl/msds/Previcur%20N.pdf>
5. Bayer Cropscience, DE. 2006. Folicur 25 EW: última versión 2EU (en línea). Mnheim, Alemania. Consultado 20 mayo 2010. Disponible en <http://compendium.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cropcompendium/bcscropcomp.nsf/id/tebuconazole.htm>
6. _____. 2008. Mesurol 500 SC, hoja de datos de seguridad: última versión 2EU (en línea). Mnheim, Alemania. Consultado 20 mayo 2010. Disponible en <http://compendium.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cropcompendium/bcscropcomp.nsf/id/methiocarb.htm>
7. Bayer Cropscience, GT. 2008. Folicur 25 EW, tebuconazole: versión 04. Amatitlán, Guatemala. 1 p.
8. Dow Agro Sciences, US. 2000. Spinoace 12 SC: insecticida-naturalyte spinosad. Georgia, Estados Unidos. 1 p.
9. Monterroso S, D. 2007. Modelos generales usados para la interpretación de la dinámica de las enfermedades en plantas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 8 p
10. Pharmagro, GT. 2004. Captan vallés 50 WP: fungicida-ftalamina captan. Guatemala. 1 p.
11. Walker, JC. 1973. Patología vegetal: lucha contra las enfermedades mediante protección. Trad. Antonio Aguirre. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 807 p.

