

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

EVALUACIÓN DE TRES AGROQUÍMICOS EN COMBINACIÓN CON DOS FUENTES DE CAL Y
MULCH PLÁSTICO SOBRE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA
TESIS DE GRADO

HEBER SAMUEL LEMUS TRUJILLO
CARNET 20159-06

ESCUINTLA, ABRIL DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

EVALUACIÓN DE TRES AGROQUÍMICOS EN COMBINACIÓN CON DOS FUENTES DE CAL Y
MULCH PLÁSTICO SOBRE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA
TESIS DE GRADO

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

POR
HEBER SAMUEL LEMUS TRUJILLO

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

ESCUINTLA, ABRIL DE 2018
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. AUGUSTO VELÁSQUEZ JUÁREZ
ING. EDWIN LEONEL ARGUETA VENTURA
LIC. EDGAR ARTURO GARCIA SALAS CORDON

Escuintla, 07 de Mayo de 2018.

Miembros
Consejo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Guatemala

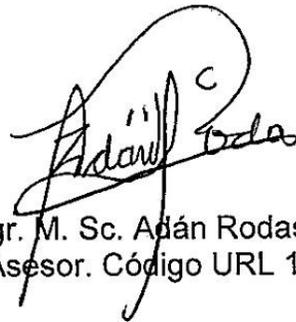
Estimados Profesionales:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado en la elaboración de su informe final de trabajo de graduación, al estudiante: Heber Samuel Lemus Trujillo, carné 20159-06, titulado: "Evaluación de tres agroquímicos en combinación con dos fuentes de cal y mulch plástico, sobre *Fusarium oxysporum* en arveja china".

Considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, por lo que sugiero su aprobación.

Sin otro particular,

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adán Rodas Cifuentes', with a large, stylized flourish above the name.

Ing. Agr. M. Sc. Adán Rodas Cifuentes
Asesor. Código URL 11113



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06933-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante HEBER SAMUEL LEMUS TRUJILLO, Carnet 20159-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0679-2018 de fecha 11 de abril de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES AGROQUÍMICOS EN COMBINACIÓN CON DOS FUENTES DE CAL Y MULCH PLÁSTICO SOBRE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 27 días del mes de abril del año 2018.

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



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la bendición de la vida, y el deseo de la superación.

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

MGTR. Adán Obispo Rodas Cifuentes por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A la empresa Cooperación Económica de Interés Social (C.E.I.S), por permitirme desarrollar mi investigación en la finca de producción.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por su bendición en cada momento, su fuerza que me transmite y su gran amor que me otorga en cada etapa de mi vida.

Mi Madre: Edna Viviana Trujillo por su apoyo incondicional en cada momento, sus consejos y amor durante muchos años, que fortalecen mi vida.

Mi Hija: Elizabeth Soraya Lemus por ser una fuente de motivación en mi camino de esfuerzo y superación.

Mis Hermanos: Por ser parte en mi formación personal.

Mis Amigos: Por su compañía y formar parte de mi vida, con mucho cariño.

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS	2
2.2. MARCHITAMIENTO VASCULAR DE LA ARVEJA	2
2.2.1 Taxonomía	4
2.2.2 Características	4
2.2.3 Morfología	4
2.2.4 Sintomatología	5
2.2.5 Condiciones favorables	5
2.2.6 Manejo de la enfermedad	5
2.3. ENCALADO DE SUELOS	6
2.3.1 Efectos del encalado	7
2.4. ACOLCHADO O MULCHING	8
2.4.1 Tipos de acolchado	8
2.4.2 Efecto del acolchado plástico en el ambiente físico	9
2.4.3 Ventajas del uso de acolchado plástico	11
2.4.4 Desventajas del uso de acolchado plástico	13
2.5. ARVEJA CHINA	14
2.5.1 Importancia de la arveja china.	14
2.5.2 Características de la planta de arveja china	15
2.5.3 Producción de arveja china a nivel nacional	15
2.5.4 Genotipos que se usan en Guatemala	16
2.5.5 Manejo agronómico del cultivo de arveja china	16
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	20
4. OBJETIVOS	21
4.1 GENERAL	21
4.2 ESPECIFICOS	21
5. HIPÓTESIS	22

6.	METODOLOGÍA	23
6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	23
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	24
6.3	FACTORES ESTUDIADOS	24
6.4	DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS	25
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	26
6.6	MODELO ESTADÍSTICO	26
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL	26
6.8	CROQUIS DE CAMPO	27
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO	27
6.10	VARIABLES DE RESPUESTA	29
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
6.11.1	Análisis estadístico	31
6.11.2	Análisis económico	31
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1	INCIDENCIA DE <i>Fusarium oxysporum</i> EN ARVEJA CHINA	32
7.2	SEVERIDAD DE <i>Fusarium oxysporum</i> EN ARVEJA CHINA	33
7.3	RENDIMIENTO DE ARVEJA CHINA	35
7.4	ANÁLISIS ECONÓMICO	36
8.	CONCLUSIONES	38
9.	RECOMENDACIONES	39
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
11.	ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS EN EL TEXTO

		Página
Cuadro	1. Tratamientos evaluados para el control de <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china.	25
Cuadro	2. Análisis de varianza para la incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china a los 85 días después de la siembra, en época seca.	32
Cuadro	3. Prueba de Tukey, para la incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china, a los 85 días después de la siembra.	33
Cuadro	4. Análisis de varianza para la severidad de <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china a los 85 días después de la siembra, en época seca.	34
Cuadro	5. Prueba de Tukey para la severidad de <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china, a los 85 días después de la siembra, en época seca.	34
Cuadro	6. Rendimiento de arveja china (kg/ha) en la evaluación de diferentes tratamientos para el control de <i>Fusarium oxysporum</i> .	35
Cuadro	7. Análisis de varianza para el rendimiento de arveja china kg/ha.	36
Cuadro	8. Costos de producción en Q./ha para cada uno de los tratamientos evaluados en ha.	37
Cuadro	9. Costos de producción, ingresos y la tasa marginal de retorno para cada uno de los tratamientos evaluados.	38

INDICE DE CUADROS EN EL ANEXO

	Página
Cuadro 10. Evaluación de la Incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> por tratamiento.	46
Cuadro 11. Datos acumulados de incidencia por semana en la investigación.	46
Cuadro 12. Agroquímicos y tipos de cal utilizados en el experimento.	50
Cuadro 13. Ficha de evaluación de incidencia en campo de <i>Fusarium oxysporum</i> .	51
Cuadro 14. Ficha de evaluación de severidad en campo de <i>Fusarium oxysporum</i> .	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de tratamientos en el campo.	27
Figura 2. Incidencia por semana en la variable acolchado.	47
Figura 3. Datos por semana de la incidencia del hongo <i>Fusarium oxysporum</i> en la variable agroquímico.	47
Figura 4. Datos por semana de la incidencia del hongo <i>Fusarium oxysporum</i> en la variable Cal.	48
Figura 5. Sintomatología del marchitamiento vascular (<i>Fusarium oxysporum</i>) en arveja china.	49
Figura 6. Productos evaluados, semilla utilizada y tipos de cal.	52
Figura 7. Aplicación y distribución de los tratamientos evaluados.	53
Figura 8. Distribución de los tratamientos evaluados en el área experimental.	54

EVALUACIÓN DE TRES AGROQUÍMICOS EN COMBINACIÓN CON DOS FUENTES DE CAL Y MULCH PLÁSTICO, SOBRE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA

RESUMEN

Se evaluó el efecto de metan sodio, aldehído fórmico y carbendazim, en combinación con cal (carbonato de calcio, hidróxido de calcio) y mulch plástico, sobre la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* en arveja china (*Pisum sativum* L.). Los tratamientos fueron: a) carbonato de calcio + metan sodio + mulch plástico; b) carbonato de calcio + carbendazim + mulch plástico; c) carbonato de calcio + aldehído fórmico + mulch plástico; d) hidróxido de calcio + aldehído fórmico + mulch plástico; e) hidróxido de calcio + metan sodio + mulch plástico; f) hidróxido de calcio + carbendazim + mulch plástico; g) carbonato de calcio + aldehído fórmico sin mulch; h) carbonato de calcio + metan sodio sin mulch; i) carbonato de calcio + carbendazim sin mulch; j) hidróxido de calcio + aldehído fórmico sin mulch; k) hidróxido de calcio + carbendazim sin mulch; l) hidróxido de calcio + metan sodio sin mulch; m) testigo absoluto. Las variables respuesta fueron a) incidencia; b) severidad; c) costo; d) ingreso; e) rendimiento total. El análisis de los resultados se hizo mediante análisis de varianza, pruebas de medias y rentabilidad. Se observaron diferencias entre los tratamientos, obteniendo resultados satisfactorios en la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum*. No hubo diferencia significativa en el rendimiento, pero sí en la calidad de exportación. Se determinó que a pesar de que metan sodio es un biocida, tratador de suelos con alto nivel residual, no generó un buen control del hongo.

1. INTRODUCCIÓN

La arveja china (*Pisum sativum* L.) es un producto de exportación no tradicional de gran importancia para Guatemala, no solo por generar divisas, sino por la demanda de mano de obra de diversas especialidades, desde trabajo en campo, planta de procesamiento, telecomunicaciones, transporte y otros relacionados.

Según el Banguat (2010), al año 2009 Guatemala produjo un total de 45,455 toneladas (un millón de quintales) de arveja china en 7,000 hectáreas. La arveja china ha tenido una expansión aproximada del 100% en el área cosechada; en el año 2001 se cosecharon 3,430 hectáreas y en el año 2010 se cosecharon 7,000 hectáreas; respecto a la producción, pasó de 25,995 (año 2001) a 51,580 toneladas (año 2010), lo que implica el aumento indicado. El rendimiento (toneladas/hectárea) se ha mantenido en los mismos valores: año 2001 fue de 7.58 t/ha y en el año 2010, 7.37 t/ha.

Son varias las plagas que afectan al cultivo de arveja. Entre las plagas insectiles se tienen los gusanos cortadores, que afectan al cultivo en un 15%, los minadores del follaje en un 35%, y los áfidos en un 25%. También hay algunos ácaros y nematodos que causan daño a las plantas de arveja.

Las enfermedades más importantes son por lo general las causadas por hongos, seguidas por las bacterias y los virus, el cultivo es infectado por diversas enfermedades de origen fungoso que afectan negativamente los rendimientos, dentro de estas enfermedades se considera de mayor importancia la inducida por *Fusarium oxysporum*. La presencia de este patógeno en el suelo provoca que la planta manifieste clorosis, marchitez, pudriciones y por último, la muerte de la misma, lo que redundará en pérdidas hasta del 100% en casos severos. En Llano Grande, Parramos, los niveles de incidencia de esta enfermedad van de dos hasta dieciocho plantas por metro cuadrado, manifestando marchitez vascular; las pérdidas han alcanzado más del 80 % de la productividad, afectando a las fincas de la Cooperación Económica de Interés Social (CEIS), teniendo pérdidas económicas que afectan a los agricultores y también a los propietarios de la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS

Las enfermedades constituyen una amenaza permanente para la producción hortícola. Su correcto diagnóstico y su manejo eficiente disminuyen los riesgos de importantes perjuicios económicos, ya sea por las reducciones en calidad y cantidad de producción como por los costos que implican la realización de prácticas culturales adecuadas y la aplicación de agroquímicos, por ello la tecnología aplicada debe ser cada día más eficiente para contribuir a mejorar su manejo (INTA, 2012).

2.2 MARCHITAMIENTO VASCULAR DE LA ARVEJA

Las enfermedades de las plantas son importantes para el hombre debido a que perjudican a las plantas y sus productos. Los marchitamientos vasculares son enfermedades destructivas producidas por diversos agentes etiológicos y se encuentran ampliamente distribuidos en poblaciones y cultivos de un sin número de especies de plantas (Agrios, 2002).

Independiente del agente etiológico que lo genere o de la planta afectada, los marchitamientos presentan un grupo común de síntomas; en principio, las hojas pierden su turgencia, se debilitan y adquieren una tonalidad que va de verde claro a amarillo verdoso, decaen y finalmente se marchitan, tomando una coloración amarillenta, luego se necrosan y mueren; estas hojas pueden enrollarse o permanecer extendidas (Gonzalez, 2006).

La enfermedad vascular causada por *Fusarium oxysporum* está entre la enfermedades más difíciles de controlar, una sola infección de una planta por una espora es suficiente para introducir el patógeno en ella (Agrios, 1995).

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 (Charchar y Kraft, 1989).

Arriaza (2008), evaluó seis fungicidas para controlar fusarium en arveja china, realizando dos investigaciones, la primera en época lluviosa (octubre a enero) y la segunda en época seca (marzo a mayo). A través de la primera investigación se determinó que los fungicidas orgánicos no difieren del testigo (sin control) en la incidencia de plantas marchitas, por lo que en la segunda investigación solo se emplearon combinaciones de los dos fungicidas químicos con el fungicida biológico. Con base en la incidencia media de plantas marchitas en cada uno de los dos ensayos (50% en época lluviosa y 64% en época seca) y en el número de cortes en las plantas enfermas (8 a 12 en época lluviosa y desde ningún corte a un máximo de 4 en época seca), es más favorable producir arveja china durante los primeros meses de la ventana de exportación para Guatemala, de octubre a enero, pues las condiciones de temperatura (17 °C) son menos favorables para el patógeno que al cierre de la ventana de exportación, de febrero a mayo, donde las condiciones de temperatura (20 °C) son óptimas para el patógeno, así como su diseminación a través de las mangueras del riego por goteo, que es necesario en la fase vegetativa del cultivo en la época seca. Se concluyó que el mejor tratamiento para minimizar la incidencia de plantas con marchitez vascular por *Fusarium oxysporum* en arveja china en época lluviosa (23%) y en época seca (51%), así como obtener el máximo rendimiento (6,984 kg/ha y 5,399 kg/ha respectivamente), es el metam sodio, pero su empleo no es económicamente viable. La mejor opción desde el punto de vista económico es la aplicación 15 días antes de la siembra de cianamida cálcica, a razón de 275.40 kg/ha, obteniendo un 31 y 63% de plantas marchitas, 6,825 y 4,304 kg/ha de vainas de arveja fresca, con una tasa marginal de retorno del 485 y 164 % para la época lluviosa y seca respectivamente.

2.2.1 Taxonomía de *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi .

Reino: Fungí

División: Mycota

Sub División: Eumycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium oxysporum*

Forma especial: pisi (van Hall) snyd. & Hans. (Chamay, 2016).

2.2.2 Características

La especie *Fusarium oxysporum* se caracteriza por producir distintas formas especiales, las cuales no se pueden diferenciar por su morfología o por las características culturales de las colonias, pero son fisiológicamente diferentes por su capacidad de parasitar y ocasionar enfermedades en plantas hospedantes específicas (Nelson, 1981).

El patógeno produce ácido fusárico (ácido 5-butiril picolínico), cuando es de producción sistémica afecta el crecimiento de las plantas. La reacción inhibitoria del crecimiento del ácido fusárico es suficientemente fuerte como para vencer la acción estimulante de crecimiento por las giberelinas, se sabe que el ácido fusárico se forma por varios hongos, por lo que las plantas afectadas por lo general son enanas (Garcés, Orozco, Bautista y Valencia, 2001).

2.2.3 Morfología

En medio de cultivo el micelio es extensivo y parecido a algodón, a menudo con un tono rosado, morado o amarillo. Conidióforos variables, delgados y simples, cortos, con ramificaciones irregulares o con fialides simples o agrupadas en esporodoquio; conidias (fialosporas) hialinas, variables principalmente de dos tipos, a menudo sostenidas en pequeñas cabezas parecidas a gotas; macroconidias multicelulares,

curvadas o ligeramente dobladas en las puntas, con forma de canoa; microconidia unicelular, ovoide o oblonga, simples o en cadenas; algunas conidias intermedias de dos a tres células, oblongas o ligeramente curvadas; parasítico en plantas vasculares y saprofito en material muerto (Barnett & Hunter, 1999).

2.2.4 Sintomatología

Lo primero que se observa a nivel de campo es un amarillamiento en las hojas basales, posteriormente se marchitan, se secan, pero permanecen adheridas a la planta. Esta sintomatología va progresando hacia la parte superior de la planta, a veces sólo toma un sector de la misma. Al comienzo las plantas muestran marchites en las horas más calurosas del día, recuperándose al final del mismo, pero finalmente se marchitan y mueren. En los estadios finales, las raíces principales y la base del tallo presentan necrosis vascular. El tallo cortado transversalmente, presenta en los haces vasculares una coloración amarillenta o marrón con la muerte y deshilachamiento de los tejidos, sin afectarse la médula; este es un aspecto muy importante para diagnosticar la enfermedad y distinguirla de otras enfermedades vasculares (Agrios, 2002).

2.2.5 Condiciones favorables

Es un hongo de temperaturas cálidas y templadas, el desarrollo óptimo se presenta a 20 °C el rango va de 12 a 28 °C. Esta temperatura acompañada de alta humedad relativa, días cortos de baja intensidad lumínica favorecen el desarrollo de la enfermedad. Otros factores son los suelos ácidos, arenosos, pobres en nitrógeno y alto suministro de potasio (González, 2006).

2.2.6 Manejo de la enfermedad

Luego que el hongo penetra al tejido vegetal, no existe control químico efectivo para esta enfermedad. La utilización de variedades resistentes es la medida más adecuada para el manejo de *Fusarium oxysporum*. Un suelo libre de nematodos así como evitar las heridas en las raíces al laborear el suelo contribuye a mantener la sanidad del cultivo. Las plantas enfermas deben eliminarse lo más pronto posible a efecto de reducir el inóculo. Las rotaciones con cultivos no huéspedes, como el caso de lechuga

y acelga, entre otros, son necesarias para el manejo adecuado de la enfermedad (González, 2006).

Actualmente las medidas utilizadas para el control de las enfermedades del suelo son el uso de productos químicos y prácticas culturales; sin embargo, el control por medio de estas prácticas se ve restringido por razones económicas y ecológicas. Las posibilidades de sustituir o disminuir el uso de productos químicos en el control de enfermedades producidas por hongos del suelo abre una ventana a la investigación de técnicas alternativas como el control biológico (Herrera, 2005).

2.3 ENCALADO DE SUELOS

El encalado es la técnica más antigua conocida para realizar la corrección de la acidez del suelo, consiste en agregar enmiendas calcáreas como correctores. El Ca desde el punto de vista físico, químico y biológico es uno de los nutrientes básicos del suelo, juntamente con el N-P-K y Mg, en las zonas agrícolas donde la precipitación pluvial es abundante, la pérdida del calcio del suelo por arrastre produce un aumento en la acidez, que incondiciona el buen desarrollo de los cultivos (Aigaje, 2011)..

El encalado consiste en una enmienda de carácter inorgánico, que incorporada al suelo modifica favorablemente las características físicas, químicas y fisicoquímicas, además de incorporar calcio en el caso de las calizas, y calcio y magnesio en las dolomitas, esta práctica agronómica de agregarle carbonatos a un suelo, se debe a que los cultivos en el rango de pH de 6.5 a 7 maximizan el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno; y el fósforo, calcio, magnesio y molibdeno presentan su máxima disponibilidad. Por otro lado, la solubilidad del aluminio, hierro y manganeso es mayor en suelos ácidos, pudiendo alcanzar niveles tóxicos para los vegetales. Los microorganismos responsables de la dinámica degradativa de la materia orgánica incrementan su nivel de actividad a pH cercanos a la neutralidad (Universidad de Córdova, s.f).

2.3.1 Efectos del encalado

Físicos: Disminuye la plasticidad de la arcilla, aumentando la permeabilidad al actuar como coagulante de las partículas coloidales del suelo (Aigaje, 2011).

Químicos: Corrige la acidez de los suelos y transforma algunas sustancias fertilizantes insolubles en solubles, por ejemplo: fosfatos, sales potásicas y magnésicas. Las características químicas influyen tanto en los patógenos como en el hospedante, y son determinantes en el desarrollo de las enfermedades de la raíz y de las partes aéreas. La reacción pH del suelo influye sobre el desarrollo de los patógenos directamente, a través de su efecto en la fisiología del patógeno, e indirectamente proporcionándoles ventajas sobre la microflora antagonista. *Fusarium oxysporum* es favorecido por los terrenos ácidos y pobres en calcio, porque estos reúnen condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo (Aigaje, 2011).

El uso apropiado de la cal agrícola protege el ambiente, incrementa la eficiencia de los nutrientes y de los fertilizantes, mejora la efectividad de algunos herbicidas y aumenta las utilidades del cultivo. El uso apropiado de la cal agrícola es uno de los factores más importantes en la producción exitosa de cultivos. El exceso de acidez es uno de los principales obstáculos para la obtención de altos rendimientos y productividad de los suelos a largo plazo.

Los beneficios de un programa confiable de encalado son los siguientes (Universidad de Córdoba, s.f) :

- La cal agrícola mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
- La cal agrícola mejora la fijación simbiótica del nitrógeno (N) en las leguminosas.
- La cal agrícola influye en la disponibilidad de nutrientes para la planta.
- La cal agrícola reduce la toxicidad de algunos elementos minerales.
- La cal agrícola mejora la efectividad de ciertos herbicidas.

2.4 ACOLCHADO O MULCHING

El término acolchado del suelo (“mulching”) hace referencia a cualquier cubierta protectora que se extiende sobre el suelo y que constituye una barrera más o menos efectiva a la transferencia de calor y de vapor de agua. El acolchado puede consistir en un manto de restos vegetales formados natural o artificialmente (Turney y Menge, 1994), o en un material sintético (Robinson, 1988).

2.4.1 Tipos de acolchado

Los más utilizados han sido los plásticos negros, pero se han descubierto grandes beneficios adicionales con el desarrollo de los polietilenos (coextruidos). Se refiere a acolchados plásticos que poseen dos caras, normalmente la cara inferior es color negro para el control de malezas y la superior varía de acuerdo al efecto que se quiera, plata/negro y blanco/negro, que además de bloquear el paso de luz producen también reflexión, con lo cual aportan luz al reverso de las hojas, estimulando la fotosíntesis y por lo tanto la precocidad y el tamaño de los frutos, además de que inciden en la reducción de áfidos y por lo tanto de ciertos virus de los cuales los insectos son vectores. Martínez (2009) realizó la siguiente clasificación de los acolchados de polietileno:

a. Acolchado reflectivo. Este posee color aluminio en la parte superior reduciendo el ataque de áfidos que transmiten virus. Además, mejora la eficiencia de la difusión de la luz provocando que las porciones inferiores de las hojas del cultivo también realicen la fotosíntesis.

b. Acolchados color blanco. Este color reduce la temperatura en relación a los acolchados negros y plata/negro, asemejándose a la temperatura del suelo. Además, mejora la eficiencia de la difusión de la luz provocando que las porciones inferiores de las hojas del cultivo también realicen la fotosíntesis.

c. Acolchado IRT (transmisor de infrarrojos). Transmite solo los rayos infrarrojos para el incremento de la temperatura en el suelo, pero no la luz visible que es la que utilizan

las plantas para realizar la fotosíntesis. Por lo tanto, no hay desarrollo de malezas, pero eleva la temperatura del suelo.

d. Combinación de colores. Son coextruidos (dos caras), normalmente la cara inferior es color negro para el control de malezas y la cara superior puede ser de color gris, blanco, aluminio, etc. para acumular calor, control de insectos, captación de luz, etc

2.4.2 Efecto del acolchado plástico en el ambiente físico. El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico que rodea las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice. Según Ibarra y Rodríguez (1991) los factores que se modifican con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, vegetación espontánea debajo del acolchado y actividad microbiana.

a. Modificación de la humedad. La impermeabilidad del polietileno impide el escape del agua evaporada del suelo, consiguiendo que el líquido permanezca disponible para las plantas cultivadas, beneficiándose con una alimentación constante y regular. Los plásticos oscuros, además de impedir el escape de agua, también evitan el crecimiento de malezas, ahorrándose el agua que éstas pudieran consumir (Alvarado y Castillo 1999).

b. Modificación de la temperatura. Desde el punto de vista térmico, el acolchado se comporta como un amortiguador térmico debido al efecto invernadero producido por el polietileno, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de éste durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche el filme detiene en cierto grado el paso de las radiaciones de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera. El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno en la pequeña capa de aire que se encuentra entre éste y el suelo. La magnitud de dicho efecto varía según la transmisividad del polietileno a la radiación solar (Alvarado y Castillo 1999).

Con el aumento de la temperatura del suelo hasta un cierto umbral se obtiene un mayor desarrollo radical, que a su vez se expresa en mayor rendimiento y una producción más precoz y de mejor calidad, pero si la temperatura excede dicho umbral los efectos térmicos del acolchado pueden perjudicarlo. El rango óptimo de temperatura para el desarrollo radicular está entre 20 a 25 °C para la mayoría de las especies. La suma de las temperaturas que actúan sobre una planta tiene importancia primordial en la determinación de su desarrollo y tamaño final (Alvarado y Castillo 1999).

En general no se puede separar totalmente el efecto directo del plástico sobre la temperatura del suelo, por las condiciones de manejo del cultivo. El riego utilizado, disminuye las temperaturas máximas y aumentan las mínimas al mejorar la ganancia térmica en el perfil y suavizar las extremas por el efecto regulador del agua (Alvarado y Castillo 1999).

c. Modificación de la estructura del suelo y actividad microbiana. El acolchado ayuda a mantener la estructura del suelo, ya que previene la formación de la costra y la compactación mediante la humedad superficial. El suelo permanece poroso, suelto y aireado. También previene que las lluvias o el riego deterioren la estructura del suelo, además mejoran la tasa de infiltración del agua. Todo ello contribuye a la salud del sistema radicular y al uso más eficaz de los nutrientes. Puesto que las condiciones de aireación son buenas, la actividad biológica de los microorganismos del suelo se ve favorecida también (FAO, 2002).

d. Modificación de la fertilidad del suelo. Con el aumento de la temperatura y humedad, en asociación con la actividad de la flora microbiana y la reacción química y bioquímica del terreno, se favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Por otro lado, al reducir la lixiviación evita las pérdidas de este elemento.

También es importante mencionar el efecto de la temperatura sobre la nitrificación, ya que su valor límite para retener la nitrificación se encuentra entre 45 y 52 °C, con una

situación óptima que varía según el terreno (muy suelto o muy compacto), entre 25 y 45 °C. Además, el terreno desnudo necesita de una saturación hídrica elevada, que varíe entre 60 y 80% para que exista una buena nitrificación. Estos límites de temperatura y humedad son fácilmente obtenibles por medio de acolchado; el abono nítrico queda a disposición en gran parte del acolchado y con un suministro de agua de irrigación; la percolación que es causa de pérdidas de abono nítrico por lavado es reducida al mínimo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

2.4.3 Ventajas del uso de acolchado plástico

Diéguez (2011) menciona que entre las principales ventajas del uso de acolchado plástico están:

- Control de malezas efectivo.
- Reducción de la compactación del suelo permaneciendo suelto y aireado.
- Mejor desarrollo radicular y de la flora microbiana del suelo.
- Mejora la fertilidad del suelo.
- Mayor precocidad a la cosecha para aprovechar ventanas de oportunidad.
- Reflexión de luz para beneficiar la fotosíntesis.
- Mayor concentración de CO₂ que favorece la fotosíntesis.
- Mejor aprovechamiento del agua.
- Reduce el ahogamiento de las plantas por exceso de humedad.
- Reducción de la lixiviación de fertilizantes.
- Productos más limpios y de mejor calidad al evitar el contacto con el suelo.
- Supresión de labores como: cultivado, desmalezado y aspersiones, evitando así daño mecánico al cultivo.
- Reducción de los costos por mano de obra, herbicidas e insecticidas.
- Alta productividad.
- Incremento en el rendimiento total.
- Mayor relación beneficio costo.

Mendizábal, García y Torres (1979) señalaron que el acolchado permite hacer uso de aguas con alto grado de sal, permite ahorro de agua, incrementa la temperatura, estimula a la planta a la producción temprana o precoz, en la cual se pueden obtener buenos precios en el mercado.

Todos los plásticos son eventualmente degradados por su exposición a la radiación ultravioleta. La velocidad de este proceso varía en cada plástico y puede ser disminuida por la incorporación de aditivos que inhiben la degradación por radiación ultravioleta. La duración de los plásticos depende principalmente de la latitud y de la estación de crecimiento del cultivo a que se sea expuesto (Ibarra y Rodríguez, 1983).

Buclon (1979) señaló que el uso de películas de plástico, tanto transparente como negro, permiten modificar muchos factores como son el agua disponible, la temperatura del suelo, el contenido de nitrógeno asimilable, además de incrementar el contenido de bióxido de carbono y el vapor de agua al nivel de los estomas.

Robledo y Martín (1981), PRONAPA (1985), Ibarra y Rodríguez (1983), Villa (1983) y EPA (1991), mencionan las siguientes ventajas. El acolchado proporciona menos pérdidas de agua por evaporación, debido en gran parte al grado de impermeabilidad de las películas plásticas. Dicha reducción es sustancial, pues las reservas existentes son aprovechables y consecuentemente la disponibilidad de nutrientes es más regular y constante. El acolchado tiene efectos directos al incrementar la temperatura del suelo, el cual es uno de los factores más importantes que controlan la actividad microbiana y los procesos implicados en la producción vegetal. Se sabe que la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de las formas orgánicas del nitrógeno aumentan con la temperatura. Por otro lado, además de evitar la pérdida de calor en el suelo hacia la atmósfera (efecto de invernadero), el acolchado influye en el crecimiento y germinación de la semilla de malezas, el cual es originado por la temperatura que existe bajo el mismo, además, en el caso del plástico negro, se impide que se realice la fotosíntesis y el efecto de agentes atmosféricos, como viento, lluvia, etc., por lo que se conserva por más tiempo las buenas condiciones del terreno,

proporcionadas por las labores de cultivo (barbecho rastra etc.). Por el efecto del acolchado, la actividad de la microfauna del suelo es mayor, provocando la proliferación de raíces y un efecto indirecto al reducir la compactación.

Garnaud (1974) mencionó que las temperaturas promedio de un suelo acolchado son mayores que las del suelo sin acolchar, la variación de la temperatura va a depender de la pigmentación y composición química de la película utilizada.

Lamont (1988) encontró que la temperatura diurna del suelo debajo de un acolchado de plástico negro es generalmente 5 °C más elevada a 5 cm de profundidad, y de 3 °C más elevada a 10 cm de profundidad en comparación con un suelo descubierto, mientras que las temperaturas diurnas de un suelo bajo un acolchado transparente son generalmente de 8 a 14 °C más altas a 5 cm de profundidad en comparación con un suelo desnudo, los acolchados de color blanco, blanco sobre negro o plateado reflector, causan más bien un leve descenso de la temperatura del suelo (2 °C más abajo a 2.5 cm de profundidad y menos 0.7 °C a 10 cm en comparación con el suelo descubierto) puesto que devuelven al follaje de las plantas la mayor parte del calor solar que reciben. Estos acolchados se usan para establecer cultivos como coliflor o tomate a mediados del verano, cuando la temperatura del suelo está alta, y cualquier reducción sería benéfica.

2.4.4 Desventajas del uso de acolchado plástico

Diéguez (2011) menciona que entre las principales desventajas del uso de acolchado plástico están:

- La remoción del acolchado plástico es costoso y puede producir contaminación ambiental.
- Incremento en los costos de producción.
- Requiere de mayor conocimiento para su aplicación correcta.
- Incrementa la erosión del suelo entre las camas de siembra.

- Los cultivos como el ajo, cebolla, cilantro y zanahoria, requieren de acolchados diseñados para alta densidad de siembra, es decir con múltiples perforaciones.
- En terrenos de mayor extensión, debe de recurrirse a una colocación mecanizada, lo cual incide fuertemente en los costos de producción.

2.5 ARVEJA CHINA

El cultivo de arveja china es producido en el país desde 1970. Actualmente Guatemala es el exportador número uno a nivel mundial, cuyo destino principal de las exportaciones es el mercado de los Estados Unidos de América, con 80% del volumen total y 17 % a la Unión Europea, el resto se comercializa al mercado canadiense; el volumen total exportado durante el año 2007 fue de 30,000 toneladas (Arriaza, 2008).

La arveja china en Guatemala es un cultivo de importancia económica, especialmente para pequeños productores del altiplano central de Guatemala, ubicados en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez principalmente, ya que es una de las cinco hortalizas de exportación que cultivan alrededor de 50,000 agricultores (Arriaza, 2008).

2.5.1 Importancia de la arveja china

La arveja china es una planta que se cultiva extensamente para aprovechar su semilla y vaina para consumo humano y como leguminosa verde para forraje de animales. Es una legumbre muy aceptada en el ámbito internacional, lo que ha provocado la apertura constante de nuevos mercados, especialmente en los Estados Unidos, Canadá y Europa. En la actualidad es un cultivo de mucha importancia para Guatemala, aunque su consumo dentro de la población guatemalteca es escaso, su demanda a escala internacional la ha convertido en un cultivo de exportación, capaz de generar gran cantidad de divisas a los países productores. Después de 30 años de cultivar arveja china, algunas estimaciones indican que en Guatemala en el año 2000 se cultivaron 4,550 hectáreas, proporcionando empleo a 32,000 personas. Para el año 2005, el área cultivada fue de 4,200 hectáreas, con generación de empleo para 38,000 personas.

El monto de las exportaciones en la actualidad está arriba de las 18,200 toneladas (40 millones de libras), abasteciendo el 70% del mercado norteamericano (Arriaza, 2008).

2.5.2 Características de la planta de arveja china

Es una planta de hábito trepador. Según la variedad, presenta alturas comprendidas entre 0.50 y 1.75 m o más. Las variedades que alcanzan un metro o menos se les llama

de hábito determinado o enanas y las que sobrepasan el metro de altura se les llama de

hábito indeterminado o gigantes (Casseres, 1971).

Los tallos son monopódicos, herbáceos y huecos. Sus hojas pinnaticompuestas tienen filotaxia alterna, con uno, dos o tres pares de folíolos, con un zarcillo terminal. Las flores son axilares, hermafroditas, de color blanco en la mayoría de variedades, pero existen de color lila. Son sencillas y nacen en pares sobre sus pedúnculos. El fruto es una vaina de color verde y consistencia carnosa, que debe cosecharse antes que haya formado fibra; es catalogada de comprimida y plana, con una longitud de 6 a 12 cm de largo. Las ramas no presentan constricciones. Las semillas pueden ser redondas, lisas o rugosas cuando ya están deshidratadas o secas (Casseres, 1971).

2.5.3 Producción de arveja china a nivel nacional

De acuerdo a la información generada por el Banco de Guatemala, se estima que en el año 2006, se produjeron alrededor de 24,188 toneladas métricas de arveja china. En lo que respecta al dinamismo de la producción se puede observar que durante el periodo 1997-2006, no existe una tasa media anual de crecimiento (TMCA) que pueda indicar que este producto está creciendo en una forma sostenida, ya que para el 2005 se reportaron 23,942 toneladas métricas, pero a pesar de ello para el año 2009, según el Banguat (2010), el país produjo un total de 45,455 toneladas (1 millón de quintales) de arveja china en 7,000 hectáreas y en el 2010 ascendió a 51,580 toneladas.

2.5.4 Genotipos que se usan en Guatemala

a) Oregón Sugar Pod II

Características principales: adaptación de 1,000 a 2,400 msnm, crecimiento determinado, altura de planta de 0.70 – 1.25 m, nudos a primera flor 14 – 15, dos vainas por nudo, vainas planas de 8 - 10 cm de largo, inicio de cosecha 68 – 70 días después de la siembra, duración de la cosecha 3 - 4 semanas, resistente a enfermedades (Agrosemillas, s.f.).

b) Mammoth Melting Sugar

Adaptación de 1,000 a 2,400 msnm, tipo de vainas planas, de 10 cm de largo, 1 – 2 vainas por nudo floral, hábito de crecimiento indeterminado, altura de planta de 2.5 – 3.2 m, inicio aproximado de cosecha 70 - 72 días después de la siembra, duración aproximada de cosecha 4-5 semanas, resistente a ascochyta, moderadamente tolerante a mildiu, moderadamente tolerante a fusarium (Agrosemillas, s.f.).

2.5.5 Manejo agronómico del cultivo de arveja china

Clima: templado y frío, alturas comprendidas entre los 1,500 – 2,500 metros sobre el nivel del mar, con temperatura ambiental entre los 10 y 28 °C. Temperaturas más altas pueden provocar la caída de las flores o acelerar la maduración, produciendo vainas de mala calidad. La precipitación pluvial debe estar entre los 1,500- 2,000 mm por año (Arriaza, 2008).

Suelo: se adapta a una gran variedad de suelos, con excepción de los muy compactos (arcillosos). Prefiere los francos, francos arcillosos, profundos, buen contenido de materia orgánica, bien drenados y un rango de pH de 6.0 – 7.0 (Gudiel, s.f.).

Época de siembra: puede cultivarse todo el año, en la época seca con riego. La variedad Oregón Sugar Pod II preferiblemente se le cultiva de Agosto a Febrero y la variedad Mammoth Melting Sugar de Febrero a Mayo. Las variedades dulces pueden cultivarse todo el año (Gudiel, s.f.).

Preparación del terreno: la preparación del terreno debe realizarse 30 días antes de la siembra, arando a una profundidad de 30 cm, dar dos pasos de rastra. Es aconsejable que antes de pasar la rastra se apliquen de 1,590 a 2,500 kg/ha de fertilizante orgánico. En áreas pequeñas o montañosas la preparación puede hacerse en forma manual con azadón (Gudiel, s.f.).

Siembra: la siembra se hará directamente en el terreno sobre los surcos marcados, utilizando 48 kg de semilla por hectárea, colocando una semilla a cada cuatro centímetros, a una profundidad de cuatro centímetros (Gudiel, s.f.).

Colocación de posteo: la colocación de los postes (tutores) debe realizarse después de marcar los surcos o 10 días después de la siembra, poniendo un poste a cada cinco metros para las variedades enanas y a cada cuatro metros para las variedades gigantes, a lo largo de la hilera. Los postes de preferencia deben ser de bambú o de cualquier otro material maderable que se encuentre en la región. Para las variedades enanas los postes deben tener 1.50 a 1.60 m de altura y para las variedades gigantes 2.20 a 2.30 m. Se necesitan de 1,930 a 2,290 postes (tutores) por hectárea, teniendo los postes una duración de dos años (Gudiel, s.f.).

Colocación de la pita plástica: En cada surco de arveja la primera hilera de rafia se coloca a 10 cm de la superficie del suelo, cuando el cultivo tenga 15 días de sembrado. Cada hilera lleva dos hiladas de rafia, pasando una a cada lado de los postes con un fuerte amarre. Para las variedades enanas se necesitan de seis a ocho hileras de rafia, distanciadas de 15-20 cm y para las variedades gigantes, 12 hileras, colocadas a la misma distancia, se necesitan de 50 a 60 rollos de 4.5 kg por hectárea (Gudiel, s.f.).

Para obtener una producción de 9,090 kg de vainas por hectárea, el cultivo extrae del suelo 125 kg de nitrógeno, 45.45 kg de fósforo y 79.5 kg de potasio. Parte del nitrógeno el cultivo lo obtiene del aire, por medio de sus nódulos nitrificadores. Para llevar un plan de fertilización lo recomendable es contar con un análisis de suelo y de acuerdo con este, más los requerimientos del cultivo, aplicar la fórmula más conveniente (Gudiel, s.f.).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La arveja china es uno de los cultivos de exportación no tradicionales de mayor importancia en Guatemala, ya que abastece en un 70% el mercado estadounidense, con un volumen de 15,910 toneladas/año (35 millones de libras), siendo este cultivo la principal fuente de ingresos para 85% de los agricultores del altiplano central. En Chimaltenango y Sacatepéquez su productividad es afectada, entre otros problemas, por hongos del suelo, que ocasionan pudriciones en las plantas y en algunas áreas en que no se rota el cultivo, tanto en las empresas que se dedican a la exportación de arveja, como San Juan Agroexport, Cooperativa Cuatro Pinos, Grupo CEIS (Cooperación Económica de Interés Social) y también agricultores dedicados a la producción de arveja hace varios años; en algunos casos hay pérdidas de plantas mayores del 50 %.

Las pérdidas de arveja se dan desde el momento de la siembra, en la semilla por pudriciones de 1% hasta un 15%, de la germinación hasta los 30 días tiene ataques de hongos fitopatógenos como damping off, causando muerte de plantas en porcentajes del 3% al 25 %, en la etapa de desarrollo se mueren plantas por el incremento de enfermedades fungosas como *Ascochyta pisi* y también por plagas insectiles, teniendo pérdidas en plantas que van del 30% al 50%, en la etapa de floración, fructificación y cosecha, van de 30% hasta el 100% de pérdidas por varios factores, como: alta precipitación pluvial, malos manejos agronómicos, hongos fitopatógenos presentes en mayor escala, y otros.

La presencia de *Fusarium oxysporum* ha tenido varias consecuencias, una de ellas es que algunos agricultores han optado por abandonar el cultivo de arveja china y la más grave para el país, es que algunos agricultores aplican productos no permitidos. Esto tiene como consecuencia inmediata, el rechazo cuando el producto ya está colocado en los países importadores, por efecto de residuos. Este segundo aspecto tiene consecuencias secundarias, como lo son sanciones severas para el país que pueden

llegar incluso al extremo de que se prohíba la compra de arveja proveniente de Guatemala.

Desde el año 2009, en la finca Llano Grande, Parramos, Chimaltenango, se ha presentado el problema del hongo *Fusarium oxysporum*, que ha provocado disminución de la productividad del cultivo de arveja china, baja calidad para exportación y pérdida de plantas en cada ciclo productivo; el hongo se desarrolla cada vez más y el rendimiento de la arveja disminuye. El sistema de siembra y los requerimientos de arveja para exportación han provocado que en la finca no se practique rotación de cultivos, por no contar con más área para dedicar a este cultivo.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Este trabajo se realizó con el fin de aportar información sobre qué alternativas se pueden usar para controlar el hongo llamado *Fusarium oxysporum* en arveja china, considerando que es muy cultivada en el altiplano del país y por la importancia económica que tiene a nivel nacional; Guatemala es número uno en exportación a nivel mundial (Arriaza, 2008).

Se determinó la eficacia de productos químicos mediante su aplicación al suelo, así como la incorporación de cal que sirvió para corregir el pH del suelo, ya que el hongo se desarrolla más en suelos ácidos, también se evaluó el uso de plástico mulch para contrarrestar el ambiente apropiado para el hongo, que va de 16 °C a 28 °C, la utilización de plástico mulch ayuda a elevar la temperatura del suelo y modificar el ambiente, y al no implementarlo, se pretendía que bajarán las temperaturas a menos de 16 °C, lo que también dificultaría el desarrollo del hongo.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Generar información para el control de *Fusarium oxysporum* en arveja china.

4.2 ESPECÍFICOS

Determinar la eficacia de los diferentes tratamientos evaluados en el control de *Fusarium oxysporum*.

Cuantificar el rendimiento en los distintos tratamientos de control de *Fusarium oxysporum* en arveja china.

Determinar la rentabilidad para cada uno de los tratamientos evaluados.

5. HIPÓTESIS

Por lo menos uno de los tratamientos evaluados disminuye la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de arveja china.

Por lo menos uno de los tratamientos evaluados genera un mayor rendimiento en kg/ha de arveja china.

En al menos uno de los tratamientos evaluados se obtendrá una mayor rentabilidad.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo se realizó de abril a julio del 2016, en la finca Llano Grande, Parramos Chimaltenango, la cual colinda al norte con la CA-9, al sur con la finca San Gaspar, al este con la finca San Luis y al oeste con la colonia El Llano.

El municipio de Parramos está ubicado a 1,796 msnm, con una precipitación pluvial media anual de 1,074 mm. (Ordóñez, 2008).

El clima del municipio de Parramos es templado, pero varía conforme se van dando cambios en el transcurso del año, sus temperaturas oscilan entre 15 a 23 °C, acentuándose el frío a medida que se acercan los meses de noviembre y diciembre y variando este tipo de clima a medida que se acercan los meses de enero, febrero, marzo y abril. Con respecto a éstos últimos cuatro meses, este tipo de clima tiende a tener un cambio, convirtiéndose en un clima cálido, teniendo una zona de vida según Holdrige, bh-S(t) Bosque húmedo subtropical templado.

El cultivo de arveja china no tolera suelos muy ácidos y se debe vigilar el pH para tratar de que no sea inferior a 6.7. Necesita una exposición soleada y riegos frecuentes, el suelo que se posee es franco arenoso, la mayoría de las plantas crecen mejor en suelos franco arenosos. Estos tienen más arena que el suelo franco común. Este hecho altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes. Los suelos franco arenosos tienen mayor cantidad de partículas de arena, lo cual significa que tiene partículas más grandes que aquellos que son menos arenosos.

La pendiente del terreno de la finca es menor al 25%, que es lo ideal para sembrar arveja, posee un buen drenaje y su pH es de 6.5.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

El material experimental lo constituyeron tres agroquímicos, dos tipos de cal, y tela mulch.

Agroquímicos

- Metam sodio
- Aldehído fórmico
- Carbendazim

Tipos de cal

- Hidróxido de calcio
- Carbonato de calcio

Plástico mulch

- Plateado negro.

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

Se evaluaron tres factores a) tipos de agroquímicos, (figura 4a.) b) tipos de cal, (figura) y c) presencia de plástico mulch (figura). Para el caso de los agroquímicos y la cal, solo se hizo una aplicación durante el ciclo del cultivo, por el modo de acción de cada producto y los días a cosecha establecidos para cada agroquímico.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 1 se describen los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados, para el control de *Fusarium oxysporum* en arveja china.

No. Tratamiento	Forma de Aplicación	Sistema de Acolchado (presente, ausente)	Tipo de cal	Dosis por tipo de cal	Agroquímico	Dosis por tipo de agroquímico
T.1	Al suelo	Presente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Metan Sodio	380 L/ha
T.2	Al suelo	Presente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Carbendazim	1.5 L/ha
T.3	Al suelo	Presente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Aldehído Fórmico	12 L/ha
T.4	Al suelo	Presente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Aldehído Fórmico	12 L/ha
T.5	Al suelo	Presente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Metan Sodio	380 L/ha
T.6	Al suelo	Presente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Carbendazim	1.5 L/ha
T.7	Al suelo	Ausente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Aldehído Fórmico	12 L/ha
T.8	Al suelo	Ausente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Metan Sodio	380 L/ha
T.9	Al suelo	Ausente	Carbonato Ca	727.27 kg/ha	Carbendazim	1.5 L/ha
T.10	Al suelo	Ausente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Aldehído Fórmico	12 L/ha
T.11	Al suelo	Ausente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Carbendazim	1.5 L/ha
T.12	Al suelo	Ausente	Hidróxido Ca	363.63 kg/ha	Metan Sodio	380 L/ha
T.13				Testigo Absoluto.		0

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 13 tratamientos y tres repeticiones, teniendo en cuenta que la distribución de cada tratamiento fuera diferente dentro de cada bloque.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

Para el trabajo se utilizó el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = m + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

m = Media general del experimento

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto de la j – ésima repetición

E_{ij} = Error experimental, asociado a la ij – ésima unidad experimental

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos, de cuatro metros de largo cada uno, la distancia entre surcos fue de 1.20 m y la distancia entre posturas fue de 0.1 m, colocando dos semillas por postura.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

En la figura 1 se muestra la forma en que se distribuyeron los tratamientos en el campo.



Figura 1. Distribución de tratamientos en el campo.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

El manejo general común comprendió la preparación del suelo, siembra, fertilización, tutorado, riego, manejo de plagas, enfermedades, y cosecha.

Preparación del terreno

Se delimitó un área de 924 m² para la evaluación. Luego de delimitar el área de la investigación se realizó una labranza con un paso de arado y un paso de rotaveitor.

Para la toma de datos se utilizaron los dos surcos centrales de los cuatro surcos por tratamiento, para eliminar bordes, teniendo en cuenta que se tenía 0.5 m de efecto de borde al final de cada surco.

Distanciamientos de siembra 4 m de largo por 4.8 m de ancho, 1.20 m entre surcos, 0.10 cm entre posturas, dos semillas/postura.

Siembra

La siembra fue directa en campo, colocando dos semillas por postura a 0.1 m entre ellas; el genotipo empleado fue Oregón Sugar Pod II.

Fertilización

Se utilizó el fertilizante DAP (fosfato diamónico) N-P-K 18-46-0 de inicio, a razón de 390 kg/ha; a los 30 días después de la siembra se aplicó la segunda fertilización con nitrato de calcio, a razón de 393 kg/ha, y la tercera aplicación, se realizó a los 55 días con nitrato de potasio, a razón de 393 kg/ha.

Tutorado

A los 20 días después de la siembra se colocó la primera rafia para sostener las plantas, luego a los 30 días se colocó la segunda rafia y luego a los 35 días la tercera; la cuarta a los 45 días, la quinta a los 55 días, la sexta a los 65, la séptima a los 70 y por último la octava a los 80, para dar una mejor sostenibilidad a la plantación.

Riego

Como el experimento se realizó en época seca, se utilizó riego por goteo, los riegos fueron variables por condiciones de temperaturas y estado morfológico de la planta.

Manejo de plagas y enfermedades

Las plagas más importantes que afectaron la plantación de arveja china fueron thrips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), mosca minadora (*Liriomyza* spp), pulgón verde (*Myzus persicae*) y gusano nochero (*Agrotis* sp); para su control se realizaron aplicaciones alternas cada cinco a ocho días, de Chlorpyrifos, a razón de 1.5 L/ha; extracto de ajo, a razón de 725 cc/ha; Spinosad a razón de 150 cc/ha y Thiametoxan + Lambda Cyhalotrina, a razón de 350 cc/ha.

Las enfermedades que afectaron la plantación fueron las causadas por los hongos *Ascochyta*, *Mildiu*, *Oídium*; para su control se realizaron aplicaciones de Azoxystrobin + Chlorothalonil, a razón de 700 cc/ha; azufre, a razón de 3.5 kg/ha, y oxiclورو de cobre a razón de 3 kg/ha.

Cosecha

En la cosecha se realizaron siete cortes, con un intervalo entre cortes de dos días. El primer corte se realizó a los 72 días después de la siembra, los datos se registraron según el tratamiento y repetición correspondiente.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

a) Incidencia del hongo *F. oxysporum* (%).

Para la medición de la incidencia de la enfermedad, se efectuaron lecturas semanales del número de plantas infectadas con *F. oxysporum*. Las cuales fueron acumulándose hasta los 100 días después de la siembra. Estas lecturas se hicieron en toda la parcela experimental, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Coloración de las hojas, que normalmente es la tonalidad verde.
- Vigorosidad de la planta mediante el porte y el desarrollo de turgencia de sus hojas.

Cualquier cambio que se visualizó correspondería a planta enferma.

La incidencia se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas muestreadas}} \times 100$$

b) Severidad del hongo *F. oxysporum* (%)

Para calcular la severidad de la enfermedad (SE) se categorizaron las plantas con la ayuda de una escala visual de daño, con valores de 0 a 3. En el caso del enanismo la escala consistió en: 0 = planta sana; 1 = desarrollo anormal de las plantas, con aspecto intermedio entre los valores 0 y 2 de la escala; 2 = planta con síntomas de detención de crecimiento (3 a 8 cm de altura, tallos delgados, hojas verde pálido - amarillento) y 3 = planta muerta. Para la podredumbre basal 0 = planta sana; 1 = comienzo de plasmólisis de las hojas (pérdida de agua en las células); 2 = hojas superiores plasmolizadas, de color verde - grisáceas con curvatura del ápice de las plantas y hojas basales amarillas y 3 = planta muerta. Los valores 1 y 2 se observaron principalmente en los rebrotes de la corona, después del corte de la rama floral. Con estos valores se determinó la SE en función del número de plantas enfermas de la parcela, aplicando la fórmula:

$$SE = \frac{(n \times 1) + (n \times 2) + (n \times 3)}{\text{Número de plantas enfermas}}$$

Donde n = número de plantas afectadas por cada uno de los valores de la escala (1, 2 y 3).

c) Costo por tratamiento

Se registró el costo de aplicación de cada tratamiento, teniendo en cuenta las siguientes variables.

- Costo de mano de obra
- Costo del plan fitosanitario
- Costo del plan de nutrición

d) Ingreso por tratamiento

Con base en el rendimiento y el precio de mercado vigente en la época de cosecha, se proyectó el ingreso que se obtuvo en c/u de los tratamientos evaluados.

e) Rendimiento total (kg/ha)

Con base en la suma de todos los cortes se estimó el rendimiento de cada unidad experimental, posteriormente se proyectó para manejar la información en kg/ha.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para analizar la información de cada una de las variables de respuesta, se procedió a realizar un análisis de varianza, bajo una distribución de bloques completos al azar; para aquellas variables en que el análisis fue significativo al cinco por ciento de significancia, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias, de Tukey, a fin de identificar los tratamientos más promisorios.

6.11.2 Análisis económico

Se realizó un análisis económico, para lo cual se determinó la rentabilidad de cada tratamiento en base a las libras exportadas este análisis incluía evaluar la producción total de cada tratamiento por (kg./ha) sus ingresos en (Q.ha), su costo en (Q.ha), su ganancia, y el porcentaje de arveja pagado en planta, teniendo en cuenta que lo exportado sería lo pagado, y la fórmula para determinar su rentabilidad fue ganancia / los costos totales * 100.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo fue realizado durante la época seca (abril a julio) y durante ese período se evaluaron tres tipos de fungicidas, con dos tipos de cal y plástico (mulch) para el control de *Fusarium oxysporum* en arveja china, los tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 1. Los resultados obtenidos respecto a la incidencia y severidad del patógeno, el rendimiento de arveja china y la evaluación económica se discuten a continuación.

7.1 INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA

La sintomatología de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de arveja china se mostró con el desarrollo de la tonalidad amarilla de las hojas basales, en ascendencia, sin desprendimiento de hojas de la planta y marchitez de las mismas. Así como la base del tallo, con una tonalidad pardo oscura, esto fue evidente a partir de los 40 días después de la siembra, observándose diferentes grados de incidencia; desde una planta con síntomas de decoloración, hasta plantas con enanismo, afectando seriamente el área foliar, con lo cual se tuvo una menor área fotosintética y por lo tanto un menor rendimiento. En el cuadro 2 se presentan los resultados del análisis de varianza para esta variable.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la incidencia de *Fusarium oxysporum* en arveja china a los 85 días después de la siembra, época seca.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada
Tratamientos	12	5,987.23	498.935833	22.05241	2.18**
Bloques	2	137	68.5	3.02	3.40 NS
Error	24	543	22.625		
Total	38	6,667.23			

C.V.= 12.07 % **= diferencia estadística altamente significativa.

Como se observa en el Andeva, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados durante la investigación. Esto indica que existe variación de

resultados entre los tratamientos, dada la interacción de los tipos de cal utilizados, la presencia o no de acolchado, así como los productos químicos utilizados.

Por lo anterior, se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba de Tukey, para la incidencia de *Fusarium oxysporum* en arveja china, a los 85 días después de la siembra.

Tratamiento	Incidencia (%)	Grupo Tukey
T1	56.33	A
T5	54	
T9	51	
T11	49	B
T10	46.66	
T6	45.66	
T2	45	
T4	40.66	
T13	29.33	C
T12	28	
T7	25	
T8	22	D
T3	19.33	

En los tratamientos 1 (con plástico, carbonato de calcio y metan sodio), 5 (con plástico, hidróxido de calcio y metan sodio), y 9 (sin plástico, carbonato de calcio y carbendazim), se observó mayor incidencia del hongo, lo que provocó menor desarrollo en las plantaciones por la presencia del patógeno; estos tratamientos fueron estadísticamente superiores en presencia del hongo. Los tratamientos 8 (sin plástico, carbonato de calcio y metan sodio), y 3 (con plástico, carbonato de calcio y aldehído fórmico), manifestaron menor incidencia del hongo. El resto de tratamientos se ubicaron en dos grupos estadísticos intermedios a los anteriores.

7.2 SEVERIDAD DE *Fusarium oxysporum* EN ARVEJA CHINA

La severidad del hongo se empezó a ver en las etapas de floración y fructificación, ya que en éstas la planta hace mayor esfuerzo en obtener agua para el desarrollo de flores y frutos, debido a la debilidad de la planta en esta fase, el hongo se encarga de

obstruir el paso de agua, provocando la pérdida de vigor y una detención de su crecimiento, que incide en la senescencia de la misma.

Para establecer si las diferencias de plantas enfermas en los tratamientos eran significativas, al cinco por ciento de significancia, se realizó un análisis de varianza para la severidad, a los 85 días después de la siembra (cuadro 4)

Cuadro 4. Análisis de varianza para la severidad de *Fusarium oxysporum* en arveja china a los 85 días después de la siembra, en época seca.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada
Tratamientos	12	137.64	11.47	2.63855075	2.18**
Bloques	2	1	0.5	0.11	3.40 NS
Error	24	104.33	4.347083333		
Total	38	242.97			

C.V.= 12.52% **= diferencia estadística altamente significativa.

El valor de F calculada fue de 2.6385 mayor que el de la tabla, lo que indica diferente marchitez en arveja china, según el tratamiento aplicado. Por los resultados anteriores, se procedió a realizar la prueba de medias, cuyos resultados se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Prueba de Tukey para la severidad de *Fusarium oxysporum* en arveja china, a los 85 días después de la siembra, en época seca.

Tratamiento	Severidad (%)	Grupo Tukey
T1	20	A
T5	19.33	
T9	18.66	
T11	17.66	
T10	17	
T6	17	
T2	16.66	B
T4	16.33	
T13	16	
T12	15.33	
T7	14.66	
T8	14	
T3	13.66	

Como se observa en el cuadro 5, los tratamientos presentaron un nivel diferente de severidad, teniendo dos grupos estadísticos. La mayor severidad se dio en los tratamientos 1, 5, 9, 11, 10 y 6; por el contrario una menor severidad se observó en los tratamientos 4, 13, 12, 7, 8, y 3.

7.3 RENDIMIENTO DE ARVEJA CHINA

En el cuadro 6 se anotan los rendimientos de arveja china (kg/ha) obtenidos en cada uno de los tratamientos y repeticiones que conformaron el experimento.

Cuadro 6. Rendimiento de arveja china (kg/ha) en la evaluación de diferentes tratamientos para el control de *Fusarium oxysporum*.

Tratamientos	I	II	III	Media (Kg/ha)
T1	9484	10515	11546	10515
T2	10515	11752	11134	11134
T3	10103	12165	12989	11752
T4	10309	11546	11958	11271
T5	10103	10721	10927	10584
T6	10309	11340	11752	11134
T7	10928	11340	12165	11477
T8	10309	12577	11958	11615
T9	10103	10515	11546	10721
T10	9897	12165	10927	10996
T11	9278	11134	12165	10859
T12	9897	12371	11958	11409
T13	9690	11958	12165	11271

Como se observa en el cuadro 6, los tratamientos con mayor rendimiento en kg/ha son tratamiento 3, 8 y 7 debido a que tienen un menor grado de incidencia, y severidad de *Fusarium*; observando (cuadro 1) que tienen un factor en común que es el uso de carbonato de calcio, este nos beneficia a contrarrestar la acides de los suelos, y transformar algunas sustancias insolubles en solubles como los fosfatos y sales potásicas, recordando que el hongo se desarrolla con mayor intensidad en suelos ácidos, y pobres en calcio, fue un factor importante subir el pH del suelo, con ello se tuvo una menor incidencia en los tratamientos mencionados.

Teniendo en cuenta que los tratamientos 3, 8, y 7 obtuvieron mejores rendimientos gracias a la aplicación de los tratamientos químicos utilizados (cuadro 1) comparados con el testigo que no tuvo ningún tratamiento químico para la desinfección del suelo, se obtuvo como resultado final al (T.3) como mejor rendimiento a 11752 kg/ha en comparación al testigo (T.13) a 11271kg/ha teniendo una diferencia de 481kg/ha.

En el cuadro 7 se presenta el análisis de varianza para esta variable.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de arveja china (kg/ha).

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada
Tratamientos	12	5,384.54	448.711667	1.61746	2.18 NS
Bloques	2	22,386.15	11193.075	40.3474	3.40 **
Error Experimental	24	6,658.02	277.4175		
Total	38	34,428.71			

C.V. = 0.1495

NS= Diferencia no significativa

Como puede observarse en el Andeva, no existe diferencia significativa en el rendimiento de los tratamientos evaluados, por lo que se deduce que la incidencia y severidad del hongo *Fusarium oxysporum* para el presente caso, no impactaron significativamente en el rendimiento total de lb producidas, sin embargo hubo rechazo, debido que el producto de algunos tratamientos no tuvo buen % de calidad por el efecto que causo el hongo en la calidad exportable (cuadro 9) bajando su rendimiento en lb/exportadas.

7.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cuadro 8 se presenta un resumen de los costos variables en que se incurrió en cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 8. Costos de producción en Q./ha para cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Costo (Q./ ha) desinfección del suelo	Costo (Q./ ha) producción	Costo total (Q./ha)
T1	9709.09	78152.70	87861.79
T2	6451.51	78152.70	84604.22
T3	5996.96	78152.70	84149.67
T4	5365.15	78152.70	83517.85
T5	9077.27	78152.70	87229.97
T6	5819.69	78152.70	83972.40
T7	5996.96	78152.70	84149.67
T8	9709.09	78152.70	87861.79
T9	6451.51	78152.70	84604.22
T10	5365.15	78152.70	83517.85
T11	5819.69	78152.70	83972.40
T12	9077.27	78152.70	87229.97
T13	0	78152.70	78152.70

Como se observa en el cuadro 8, el tratamiento con menor costo fue el testigo, ya que no tiene el costo adicional de la desinfección del suelo, sin embargo a la hora del ingreso de lbs producidas en planta para la exportación, obtuvo un porcentaje de rechazo elevado afectando su rentabilidad.

En el cuadro 9 se presenta un resumen del análisis económico practicado a los diferentes tratamientos; es oportuno mencionar que el producto que no califica para exportación no genera ningún ingreso

Cuadro 9. Costos de producción, ingresos y rentabilidad para cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	%		Producción exportable(kg/ha)	Ingresos (Q./ha)	Costos (Q./ha)	Beneficio	Rentabilidad (%)
	Producción total (kg/ha).	Producción exportable.					
T1	10,515.10	70	7,360.57	89,210.08	87,861.80	1,348.29	1.53
T2	11,133.63	80	8,906.91	107,951.70	84,604.22	23,347.48	27.60
T3	11,752.17	85	9,989.34	121,070.83	84,149.68	36,921.15	43.88
T4	11,271.08	80	9,016.87	109,284.43	83,517.86	25,766.58	30.85
T5	10,583.82	70	7,408.68	89,793.15	87,229.98	2,563.18	2.94
T6	11,133.63	70	7,793.54	94,457.73	83,972.40	10,485.33	12.49
T7	11,477.26	85	9,755.67	118,238.76	84,149.68	34,089.08	40.51
T8	11,614.71	85	9,872.51	119,654.79	87,861.80	31,793.00	36.19
T9	10,721.28	70	7,504.89	90,959.30	84,604.22	6,355.08	7.51
T10	10,996.18	70	7,697.33	93,291.59	83,517.86	9,773.73	11.70
T11	10,858.73	70	7,601.11	92,125.44	83,972.40	8,153.04	9.71
T12	11,408.54	80	9,126.83	110,617.17	87,229.98	23,387.19	26.81
T13	11,271.08	70	7,889.76	95,623.88	78,152.71	17471.1733	22.36

De acuerdo a los resultados, hay diferencia tanto en producción, ingresos y rentabilidad para cada uno de los tratamientos evaluados, comparados con el testigo (tratamiento 13) que no tuvo ningún costo adicional para la desinfección del suelo, El análisis indica que los tratamientos, 3, 7 y 8 (que tienen el mismo tipo de cal, no así el mismo producto químico y la cobertura plástica), superaron al testigo, en el porcentaje de producción exportable (kg/ha), lo que impacta en un mayor ingreso, beneficio y rentabilidad de los mismos. También fueron superiores al testigo, los tratamientos 4, 2, 12 (rentabilidades de 30.85%, 27.60% y 26.81%, respectivamente).

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, con base en los estándares de calidad para exportación de arveja china, en los tratamientos evaluados, hay diferencia estadística significativa en las variables incidencia y severidad, en el control de *Fusarium oxysporum*.

Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas en el rendimiento total; a pesar de la diferencia en cuanto a severidad e incidencia de *Fusarium oxysporum*, lo que probablemente se deba a que la enfermedad se manifestó en etapas avanzadas del cultivo. Sin embargo, en planta si hubo diferenciación en cuanto a la producción exportable de cada uno de los tratamientos.

El tratamiento 3 obtuvo un alto costo en la producción, por la desinfección adicional al suelo, sin embargo su rentabilidad (43.88%), fue mayor que la del testigo que obtuvo (22.36%), esto se debe a que presentó menor rechazo en la entrega de producto de exportación, teniendo en cuenta que lo exportado fue lo pagado de cada tratamiento.

9. RECOMENDACIONES

Evaluar diferente hora y dosis para la aplicación de cada uno de los tratamientos, considerando el rendimiento de arveja con estándares de calidad para mercados internacionales.

Investigar otras alternativas de control de *Fusarium oxysporum*, pues en esta investigación se obtuvo resultados satisfactorios con tratamientos químicos; sin embargo, se busca tener en un corto plazo productos biológicos que reduzcan la contaminación de los suelos y el ambiente.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrios, G. (1995, 1997,2002). Fitopatología. Grupo Noriega (Ed.). Limusa (Editorial). México, D.F.

AGROSEMILLAS S.A; (s.f.). Hortalizas, arveja china y arveja dulce. Recuperado de [http:// www. Agrosemillas.com](http://www.Agrosemillas.com).

Aigaje S.M. (2011). Evaluación de dos métodos de control (Práctica cultural y Microorganismos) contra *Fusarium oxysporum*, en el cultivo de naranjilla (solanun quitoense). Latacunga, Ecuador. 146 p. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/960/1/T-UTC-1256.pdf>.

Alvarado, P.; Castillo, H. (1999). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno (en línea). Chile, Universidad de Chile, Revista Agroeconómica de la Fundación Chile Consultado 3 mar 2017. Recuperado de: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>

Arreaza, J.O. (2008). Evaluación de seis fungicidas para el control del marchitamiento vascular *F. oxysporum*, en arveja china, en dos épocas de cultivo, Sumpango, Sacatepéquez 79pp. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2403.pdf

BANGUAT (Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas, GT). (2010). Estadísticas de exportación. 6 p.

Barnett, H.; Hunter, B. (1999). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. APS Press. UnitedStates. 218p.

Buclon, F. (1979). Development of plasticulture in the last ten years and trends for (1975). Indian Petrochemicals Corp. Limited. pp. 38-39.

Casseres, E. (1971). Producción de hortalizas. México, Programex. 75 p.

Chamay C. (2016) Evaluación de dos fungicidas químicos y un biológico para el control de *F. oxysporum* f. sp. pisi, diagnostico y servicios realizados en el grupo hortícola de exportación (GHORTEX S.A), Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, C.A. p 22. Recuperado de : <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03339.pdf>

Charchar, M.; Kraft, M. (1989). Response of near – isogenic pea cultivars to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. Pisi, races 1 and 5. Canadian urnal of Plant Science 69, 1335-1346.

De Vay, J.E.; Stapleton, J.J.; Clyde, C.L. (1991). Solarización. California, Estados Unidos, Universidad de California, Departamento de Patología de las plantas. 395 p.

Diagnóstico y clasificación actual de la marchitez bacteriana. (1997). Revista Agricultura 1(10):52-53.

Diéguez, D.O. (2011) Evaluando el acolchado plástico en el cultivo de cebolla (*allium cepa* L.) y servicios comunitarios en el caserío Laguna de Retana, El Progreso Jutiapa p 66. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2643.pdf.

EPA (1991) Principales ventajas del uso de películas agrícolas. Folleto de información de E P A, S A DE C V México pp 25-29.

FAO, IT. (2002). El cultivo protegido en clima Mediterráneo (en línea). Roma, Italia. Consultado 3 mar 2017. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/S8630S/s8630s05.htm>

- Gaitán, J.M. (1994). Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china *Pisum sativum* L., durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 66 p.
- Garcés, E.; Orozco, M.; Bautista, G. y Valencia, H. (2001). *Fusarium oxysporum* el hongo que nos falta conocer. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia ed. Acta Biológica Colombiana Vol. 6, N° 1. 2 p.
- Garnaud, C.J. (1974). The intensification of horticultural crop production in the mediterranean basin by protected cultivation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia p52.
- González, P. (2006). Enfermedades del tomate, marchitamiento vascular. Uruguay. Recuperado de:
http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.htm
- Gudiel, V. (s. f.) Productora de Semillas S.A. Recuperado de:
<http://www.porductoradesemillas.com>
- Herrera, R.A. (2005). Control biológico de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* en tomate bajo invernadero. Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Consultado 2 jun. 2016. Recuperado de:
http://mazingher.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montealegre_j/14.html.
- Ibarra, J.; Rodríguez, A. (1983) Varios Cultivos Manual de Agroplásticos I Acolchado de cultivos Agrícolas CIQA, Saltillo, Coahuila, México pp 38-40.

Ibarra, L.; Rodríguez, A. (1991). Acolchado de suelo con películas plásticas. Ed. Limusa México, 131 p.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. (2012). Enfermedades de mayor importancia de los principales cultivos hortícolas de la región Patagonia Norte
Recuperado de:

<http://inta.gob.ar/documentos/enfermedades-de-mayor-importancia-de-los-principales-cultivos-hortícolas-de-la-region-patagonia-norte>.

Labrada, R. (1995). El desarrollo actual de la solarización del suelo. *In* Taller regional de la solarización del suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. pp. 21-25.

Lamont, L.J. (1988) Effects of molches on the population increase of *mysus persicae* on bell pepper Horticulture No 89 pp 235-236.

Martínez De la Cerda, J. (2009). Acolchado en hortalizas (en línea). Nuevo León, México, UANL, Facultad de Agronomía. Consultado 8 abril 2016. Recuperado de <http://www.camponl.gob.mx/oeidrus/hortalizas/8alcolchado.pdf>

Mendizábal, M. F.; García. M, Torres (1979). New use of plastics for agri-assoc of plasticulture with sand mulching in Almeria Plasticulture Indian Petrochemicals Colim pp 20-22

Nelson, P.E. (1981). Life cycle and epidemiology of *F. oxysporum*. M.E. Mace, A.A. Bell and C.H. Beckman (Eds.). Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. New York. pp 51-80.

Ordóñez, G.F. (2008) Descripción cualitativa y cuantitativa de desechos sólidos domésticos en nueve municipios de Chimaltenango y su potencial uso en la agricultura pp.24-25. Recuperado de: <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02696.pdf>.

PRONAPA. (1985) Uso de las películas de plástico como arropado del suelo para la producción agrícola CENEMAR, SARH. Gómez Palacio, Dgo., México. pp. 34-38.

Robledo, F. y Martín, L. (1981). Aplicación de los plásticos en la agricultura. Mundi-Prensa Madrid, España, pp. 145-183.

Robinson, D. (1988). Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience. 23:547-552pp.

Snyder, W.C. y Hansen, H.N (1940) Consultado el 27 de mayo 2016. Recuperado de <http://www.gbif.org/species/113532981>.

Turney, J. and Menge, J. (1994). Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.

Universidad de Córdoba. (s.f.) Fuentes de calcio y Fósforo calcio. Recuperado de. <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/tablas/mineralesTEX.pdf>

Villa, M. (1983). Acolchado con plásticos. CENEMAR Durango, México pp 150-180

11. ANEXOS

Cuadro 10. Evaluación de la incidencia de *Fusarium oxysporum* por tratamiento

Tratamiento	Plantas enfermas	No. de plantas por unidad experimental	*	Incidencia (%)
1	169	336	100	50.29
2	135	336	100	40.17
3	58	336	100	17.26
4	122	336	100	36.30
5	162	336	100	48.21
6	137	336	100	40.77
7	75	336	100	22.32
8	66	336	100	19.64
9	153	336	100	45.53
10	140	336	100	41.66
11	147	336	100	43.75
12	84	336	100	25
13	88	336	100	26.19

En el cuadro 10. Se muestra la incidencia del marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum*) marcándose diferencias entre cada tratamiento.

Cuadro 11. Datos acumulados de incidencia por semana en la investigación.

Sem.	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	T.9	T.10	T.11	T.12	T.13	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	3	4	2	0	0	3	2	3	0	0	19
2	5	3	0	5	7	6	0	0	5	3	4	0	2	40
3	8	5	2	5	8	8	4	3	7	5	6	4	3	68
4	9	8	4	7	10	7	5	5	8	7	8	5	5	88
5	12	10	4	7	11	9	7	6	10	9	9	6	7	107
6	14	12	6	10	13	12	8	7	11	11	9	6	7	126
7	16	18	8	10	15	13	8	8	14	14	13	8	8	153
8	19	17	6	12	17	13	9	8	16	16	15	9	9	166
9	21	15	7	14	18	15	7	7	18	17	16	9	10	174
10	18	16	6	15	19	17	8	6	19	18	17	10	11	180
11	22	15	7	16	20	17	9	7	20	18	23	13	13	200
12	23	16	8	18	20	18	10	9	22	20	24	14	13	215

En el cuadro 11. Se muestran los datos acumulados de la incidencia por semana en la investigación, observando que al transcurrir las semanas se incrementa la incidencia afectando mayor número de plantas.

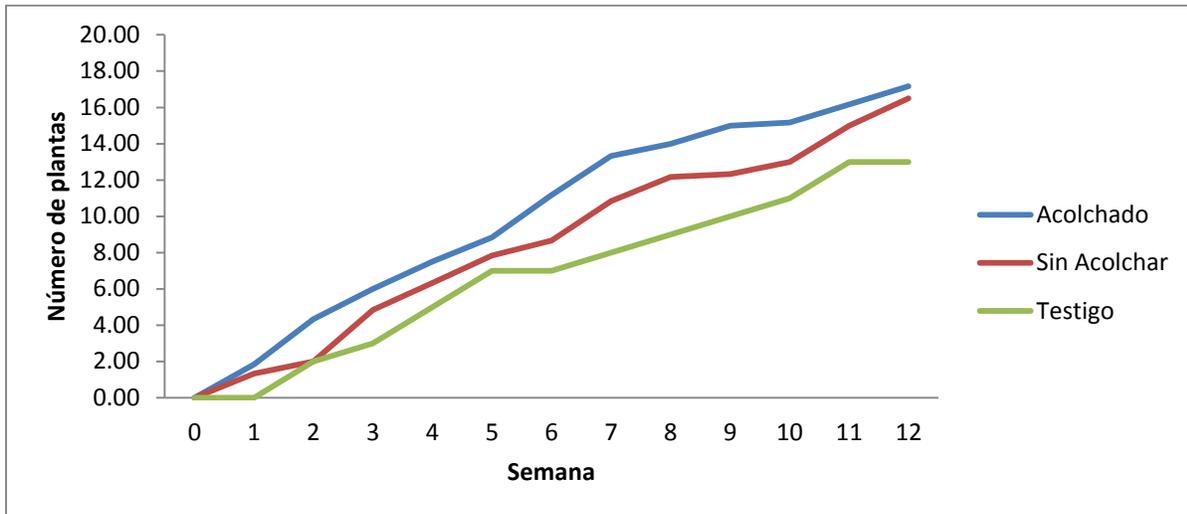


Figura 2. Incidencia por semana en la variable acolchado.

En la Figura 2. Se Muestra el comportamiento de la incidencia del hongo *Fusarium oxysporum*, observando que en los tratamientos que tenían cobertura plástica (T1. al T.6) se incremento la incidencia según transcurrían las semanas a comparación de los tratamientos que no poseían cobertura plástica.

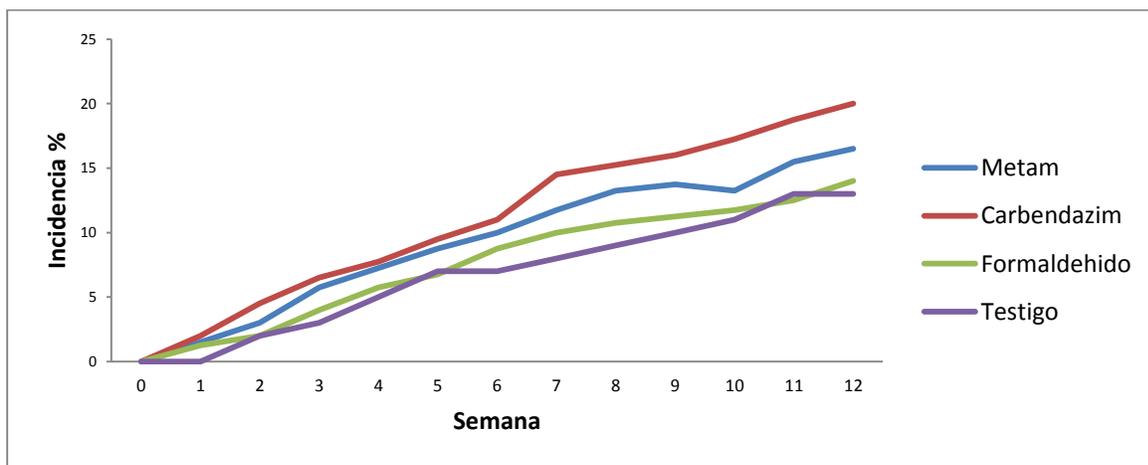


Figura 3. Datos por semana de la incidencia del hongo *Fusarium oxysporum* en la variable agroquímico.

Como se observa en la Figura 3. Durante pasaban las semanas los agroquímicos tenían diferente reacción en la incidencia del hongo, teniendo mayor efecto negativo en el control con el agroquímico carbendazin.

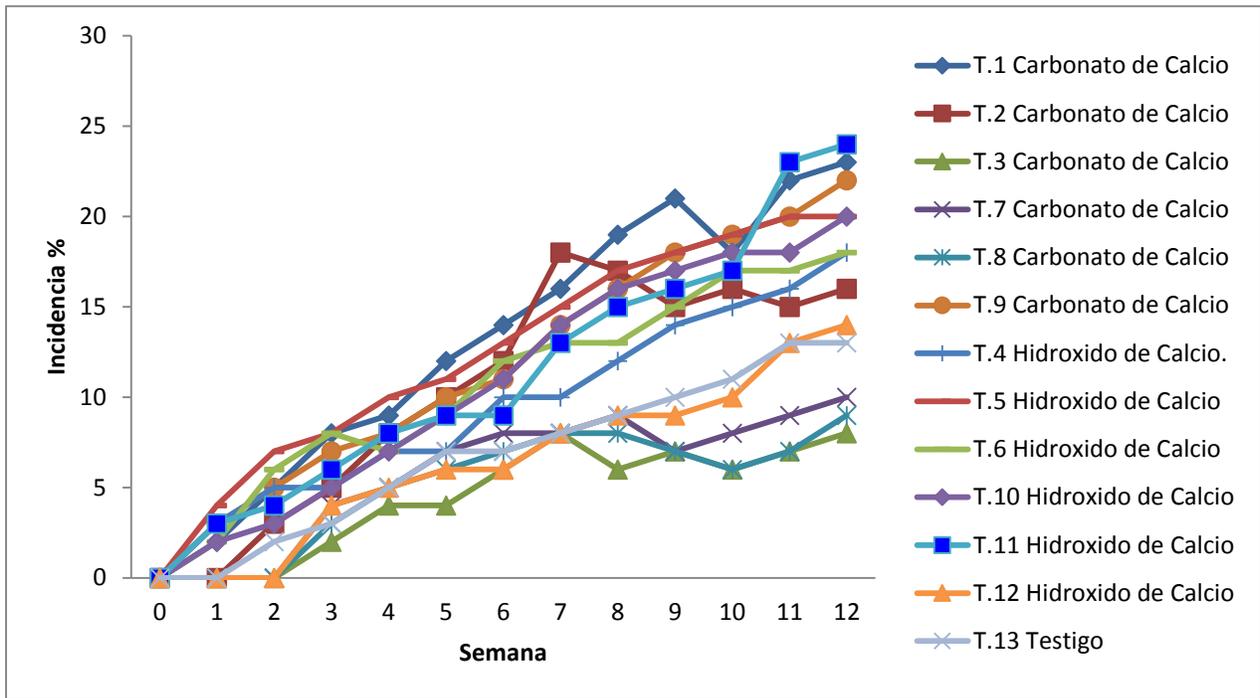


Figura 4. Datos por semana de la incidencia del hongo *Fusarium oxysporum* en la variable Cal.

En la Figura 4. Se puede observar la incidencia por semana de la variable cal, obteniendo un mejor efecto en el control de la incidencia del hongo *Fusarium oxysporum*, con los tratamientos tratados con carbonato de calcio, que los tratamientos que utilizaron hidróxido de calcio.

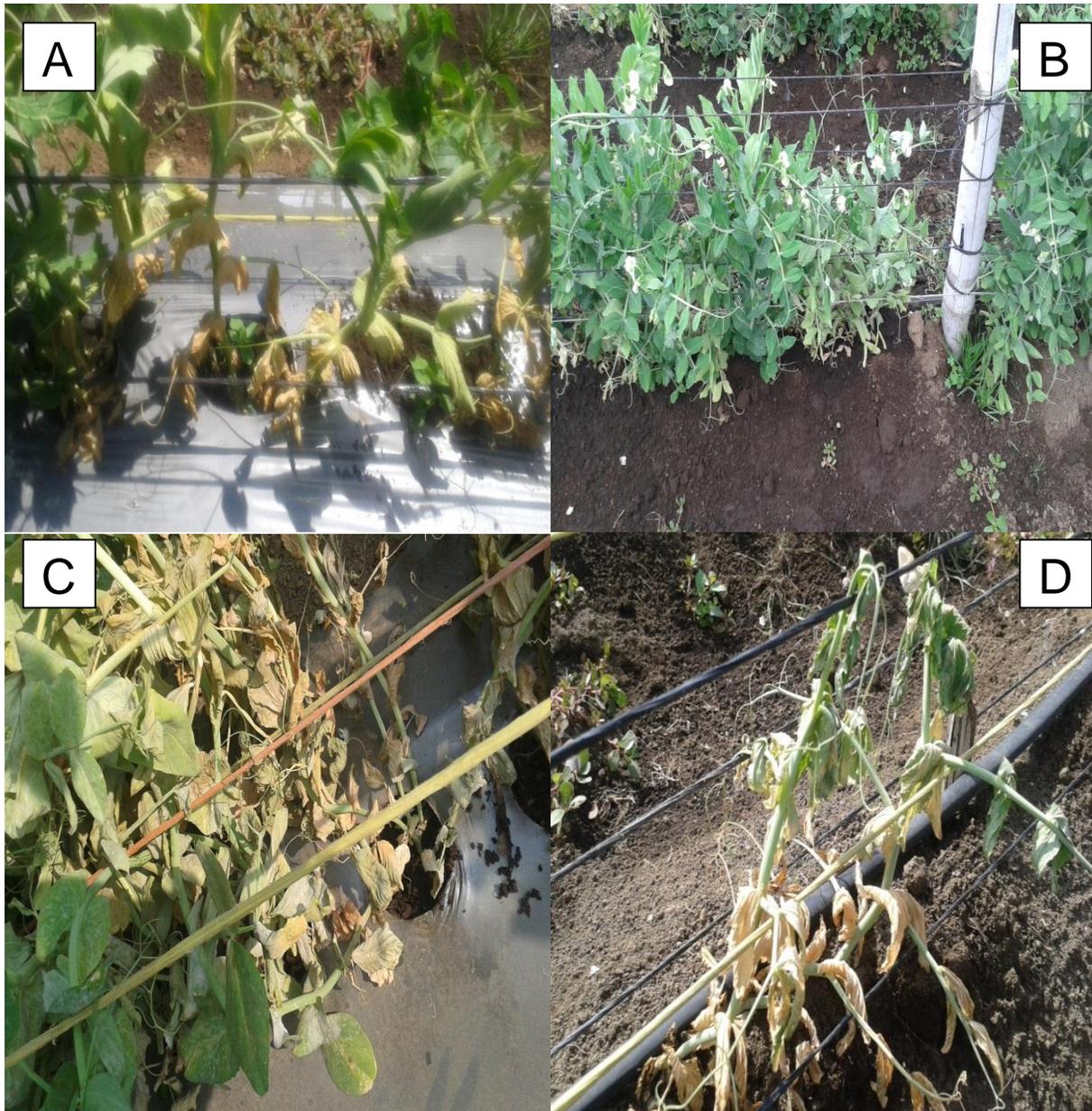


Figura 5. Sintomatología del marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum*) en arveja china, Parramos, Chimaltenango julio 2016.

En la figura 5. Se observa la sintomatología del marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum*) en las diferentes etapas de crecimiento de arveja china

- A. Se observa el marchitamiento vascular a los 40 días después de la siembra.
- B. Se observa el marchitamiento vascular a los 50 días después de la siembra.

- C. Se observa cómo hay un avance significativo del marchitamiento según aumenta la edad de la planta.
- D. Se observa que a los 80 días después de la siembra ya la plantación está en su etapa de senescencia.

Cuadro 12. Agroquímicos y tipos de cal utilizados en el experimento.

Agroquímicos	Nombre Comercial	Grupo Químico	Formulación o Ingrediente activo.	P/V.	Dosis x hectárea	Días establecidos a Cosecha
1	Laisol 40 SL	Ditiocarbamato	Sodiummethylthiocarbamate	40.00%	380L /ha	60
		Metam Sodio	Ingredientes Inertes	60.00%		
2	Luxazim 50 SL	Benzimidazol	Methyl			
		Carbendazim	Benzimidazol-2-ylcarbamate	50%	1.5 L/ha	7
			Ingredientes Inertes	50%		
3	Exterminator	Carbonilo	Aldehído Fórmico	37%	12 L/ha	21
		Aldehído Fórmico	Ingredientes Inertes	63%		
Tipos de Cal						
1	Nutrical	Carbonato de Calcio	CaCO ₃		727.27kg/ha	
2	Horcalsa	Hidróxido de Calcio	Ca(OH) ₂		363.63kg/ha	

Cuadro 13. Ficha de evaluación de Incidencia en campo de *Fusarium oxysporum*.

Evaluación de Incidencia del hongo <i>Fusarium oxysporum</i> en arveja china. Finca Llano Grande Parramos Chimaltenango.				
Fecha de Muestreo		Incidencia del Hongo <i>Fusarium oxysporum</i> %.		
Variable de Respuesta		Coloración de las hojas.		
Factor a Evaluar		Número de plantas		Tratamiento
Escala de Porcentaje				
Daño por Fusarium				
10%		5		1
20%		10		2
30%		15	17	3
40%	x	20		4
50%				5
60%				6
70%				7
80%				8
90%				9
100%				10
				11
				12
				13
Factor a Evaluar	Vigorosidad de la planta.			
10%		Bueno	Malo	
20%				
30%				
40%				
50%				
60%				
70%				
80%				
90%		x		
100%				
Observaciones	Heber Samuel Lemus Trujillo Carnét 20159-06			

Cuadro 14. Ficha de evaluación de severidad en campo de *Fusarium oxysporum*.

Evaluación de Severidad en el control de <i>Fusarium oxysporum</i> Finca Llano Grande Parramos Chimaltenango.				
Fecha de Muestreo				
Variable de Respuesta	Severidad del Hongo %			
Factor a Evaluar				
Escala visual de daño		Escala de Enanismo		
		0	x	
1		1		
2		2		
3	x	3		
Escala de Podredumbre basal	Numero de plantas x Tratamiento			
0	x	5		
1		10	9	
2		15		
3		20		
Tratamiento		Bloque		
1		I	x	
2		II		
3		III		
4				
5				
6				
7				
8	x			
9				
10				
11				
12				
13				
Observaciones	Heber Samuel Lemus Trujillo Carnét 20159-06			



Figura 6. Productos evaluados, semilla utilizada y tipos de cal.

En la Figura 6. Se presentan:

- A. Presentación de los agroquímicos evaluados.
- B. Semilla de arveja china utilizada.
- C. Tipos de cal utilizados.



Figura 7. Aplicación y distribución de los tratamientos evaluados.

En la Figura 7. Se muestra:

- A. Aplicación de los tipos de cal utilizados en los diferentes tratamientos evaluados.
- B. y C. Aplicación de los diferentes agroquímicos utilizados en los diferentes tratamientos evaluados.

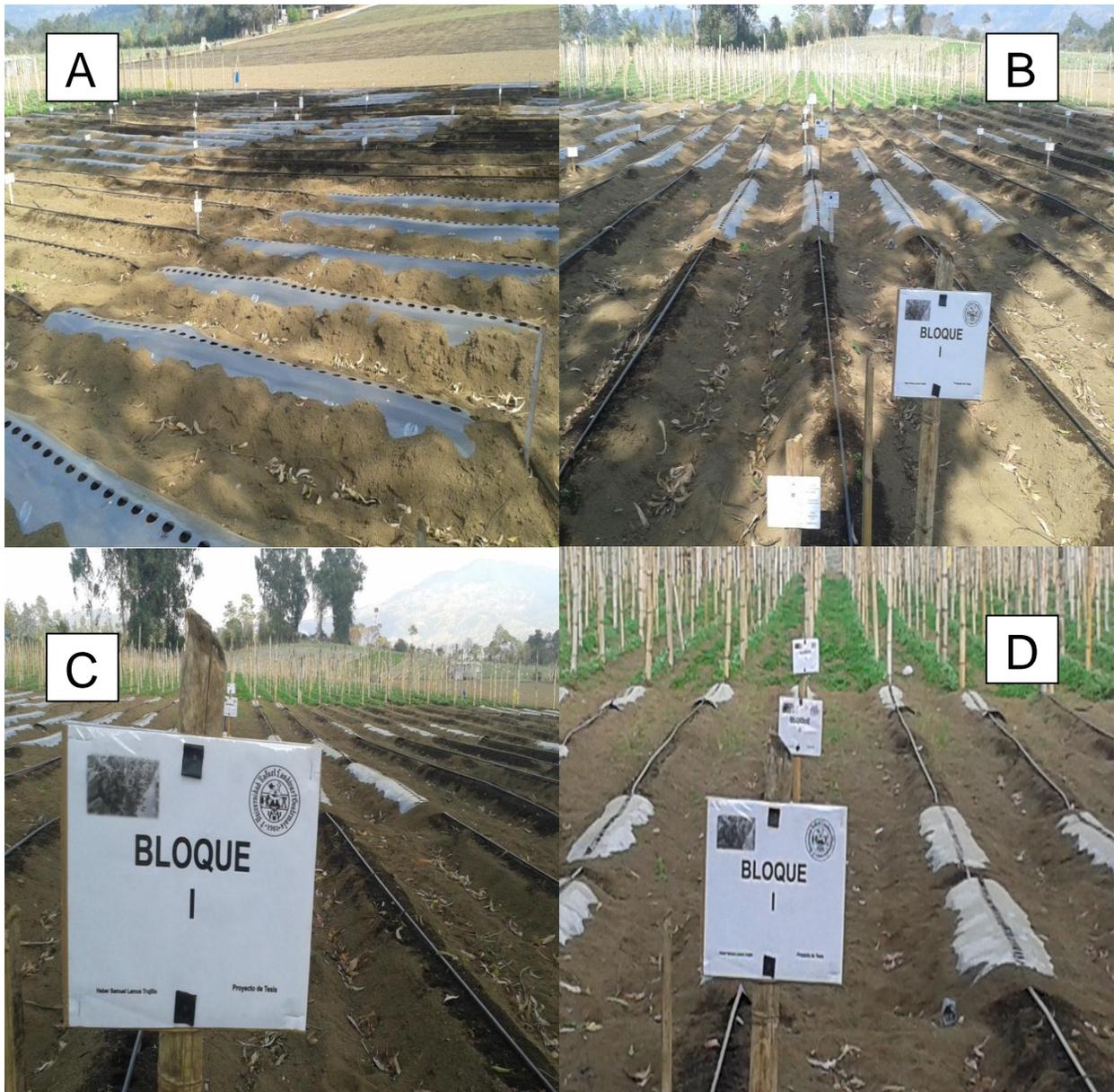


Figura 8. Distribución de los tratamientos evaluados en el área experimental (Abril a Julio 2016).

En la Figura 8. Se muestra:

A y B. Distribución de los tratamientos en el área experimental.

C y D. Distribución en bloques de los diferentes tratamientos en el área experimental.