

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACIÓN DE CUATRO CONCENTRACIONES Y TRES INTERVALOS DE
APLICACIÓN DE COLA DE CABALLO (Equisetum giganteum L.) EN EL CONTROL
DE TIZÓN TARDÍO (Phytophthora infestans De Bary) EN EL CULTIVO DE LA
PAPA (Solanum tuberosum L.), EN LA ALDEA SACSIGUAN, SOLOLA.

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TESIS
POR

JOSE AURELIO MOLINA GOMEZ

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

GUATEMALA, ABRIL DEL 2001.

D2
01
+(1968)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof.	Abelardo Caal Ich
VOCAL QUINTO	Br.	José Baldomero Sandoval Arriaza
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Abril del 2001.

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

Respetados señores:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someterme a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DE CUATRO CONCENTRACIONES Y TRES INTERVALOS DE APLICACIÓN DE COLA DE CABALLO (Equisetum giganteum L.) EN EL CONTROL DE TIZÓN TARDÍO (Phytophthora infestans De Bary) EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.), EN LA ALDEA SACSIGUAN, SOLOLA.

Trabajo que presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo.

Atentamente.

José Aurelio Molina Gómez

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS Fuente inagotable de amor, bondad y sabiduría, gracias por sus múltiples bendiciones.
- MIS PADRES Marco Aurelio Molina Alarcón y María Gómez de Molina, como una muestra de agradecimiento y un tributo a su trabajo, desvelos y apoyo en todo momento.
Este titulo les pertenece.
- MI ESPOSA Silvia Verónica Ibarra de Molina, por su amor, apoyo y comprensión.
- MIS HIJOS José Aurelio y Silvia María, como un estímulo para su superación.
- MIS HERMANOS Marco Antonio (Q.E.P.D.), Carlos Orlando, Amanda Izabel, Roberto Javier, Mercedes Natividad y Marco Aurelio, que dios los bendiga por su cariño y consejos.
- MIS SOBRINOS Especialmente, por su apoyo incondicional.
- MIS TIOS Con aprecio y respeto.
- MIS PRIMOS Por su apoyo moral.
- MIS CUÑADOS Por su amistad y consejos.
- A MIS AMIGOS
Y COMPAÑEROS
EN GENERAL Como muestra de amistad y recuerdos de las experiencias compartidas.

TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala.

Mi tierra natal, Cobán, Alta Verapaz.

Escuela Nacional Salvador de Oliva, Cobán, Alta Verapaz.

Escuela Nacional Mixta de Aplicación, Cobán, Alta Verapaz.

Instituto Normal Mixto del Norte "Emilio Rosales Ponce", Cobán, Alta Verapaz.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

Dirección General de Caminos.

Departamento de Carreteras.

Mis Amigos: Ing. Rolando González, Ing. Luis Aguilar, Ing. Manuel Hernández, Ing. Raúl

Alvarado, Víctor Soto, Víctor Ruiz, Marco Tulio Salguero, Pedro Bonilla y Novelio Coy.

Mis Compañeros: De la Carrera de Sistemas de Producción Agrícola e Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Agr. Edil Rodríguez, por la acertada asesoría, especialmente al Ing. Agr. Melintón Cabrera, por su valiosa orientación a lo largo de la carrera y en la realización de este trabajo de tesis.

Ingenieros Agrónomos: Marco Antonio Nájera, Pedro Peláez, David Juárez y Filadelfo Guevara, por sus palabras de aliento y apoyo.

Personal del CEDIA: Especialmente al Ing. Agr. Rolando Barrios y Marco Fausto.

A la Escuela de Formación Agrícola de Sololá; por haberme proporcionado el terreno donde se ubicó el ensayo experimental.

CONTENIDO

CONTENIDO	i
INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Marco Conceptual.....	4
3.1.1 Cultivo de la Papa (<u>Solanum tuberosum</u> L.).....	4
3.1.2 Tizón Tardío (<u>Phytophthora infestans</u> De Bary).....	4
3.1.3 Fungicidas de Origen Natural.....	15
3.1.4 Material Químico.....	15
3.1.5 Contaminación por Químicos	18
3.1.6 Cola de Caballo (<u>Equisetum giganteum</u> L.)	19
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	21
3.2.1 Descripción general del área.....	21
3.2.2 Características de los Materiales Experimentales a Utilizar	23
3.2.3 Investigaciones Realizadas	24
4. OBJETIVOS.....	26
4.1 GENERAL.....	26
4.2 ESPECÍFICOS.....	26
5. HIPÓTESIS.....	27
6. METODOLOGÍA	28
6.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	28

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
6.3 MODELO ESTADÍSTICO	28
6.4 DIMENSIONES DEL EXPERIMENTO	29
6.5 DISEÑO DE TRATAMIENTOS.....	29
6.6 ESTADO DE DESARROLLO DEL MATERIAL BOTÁNICO; COLA DE CABALLO (<u>Equisetum giganteum</u> L.) Y EQUIPO UTILIZADO	30
6.7 VARIABLES DE RESPUESTA	31
6.7.1 Severidad.....	31
6.7.2 Incidencia.....	32
6.7.3 Rendimiento en Kg/ha.....	32
6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
6.9 ANÁLISIS ECONÓMICO	33
6.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	33
6.10.1 Preparación del terreno.....	33
6.10.2 Siembra	33
6.10.3 Fertilización	33
6.10.4 Control de enfermedades	33
6.10.5 Control de plagas.....	33
6.10.6 Control de malezas	33
6.10.7 Defoliación.....	33
6.10.8 Cosecha.....	34
6.10.9 Comercialización.....	34
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
7.1 SEVERIDAD.....	36
7.1.1 Infección en Hojas	36
7.1.2 Infección de Brotes	40

7.1.3 Infección en Tallos.....44

7.2 INCIDENCIA.....54

7.3 RENDIMIENTO54

7.4 CONTRASTES ORTOGONALES.....57

7.5 ANALISIS ECONOMICO62

8. CONCLUSIONES.....67

9. RECOMENDACIONES68

10. BIBLIOGRAFIA.....69

11. ANEXO73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ciclo del tizón tardío de la papa producido por <i>Phytophthora infestans</i>	14
Figura 2.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> de Bary) en hojas de papa.....	38
Figura 3.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i> de Bary) en brotes de papa.....	43
Figura 4.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 1-5 centímetros.....	51
Figura 5.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 6-10 centímetros.....	52
Figura 6.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 11-15 centímetros.....	52
Figura 7.	Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud mayores de 15 centímetros.....	52
Figura 8.	Porcentaje de incidencia de los 14 tratamientos evaluados.....	53
Figura 9.	Rendimiento de los 14 tratamientos evaluados.....	55
Figura 10.	Curva de Beneficio neto para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío en el cultivo de papa.....	65
Figura 11.	Escala diagramática de severidad de daño de tizón tardío en base a porcentaje de área foliar.....	84
Figura 12.	Localización del área de Estudio a Nivel Nacional y Departamental.....	85
Figura 13.	Distribución de los Tratamientos y Bloques en el Diseño Experimental.....	86

Figura 14.	Modelo y tamaño de parcela para cada tratamiento.....	87
Figura 15.	Precipitación del mes de septiembre de 1,998.	88
Figura 16.	Precipitación del mes de octubre de 1,998.	88
Figura 17.	Precipitación del mes de noviembre de 1,998.	88
Figura 18.	Precipitación del mes de diciembre de 1,998.	89
Figura 19.	Temperaturas mínima, media y máxima del mes de septiembre de 1,998.....	89
Figura 20.	Temperaturas mínima, media y máxima del mes de octubre de 1,998.....	89
Figura 21.	Temperaturas mínima, media y máxima del mes de noviembre de 1,998.....	90
Figura 22.	Temperaturas mínima, media y máxima del mes de diciembre de 1,998.....	90
Figura 23.	Humedad relativa media del mes de septiembre de 1,998.	90
Figura 24.	Humedad relativa media del mes de octubre de 1,998.	91
Figura 25.	Humedad relativa media del mes de noviembre de 1,998.	91
Figura 26.	Humedad relativa media del mes de diciembre de 1,998.....	91
Figura 27.	Brillo solar del mes de septiembre de 1,998.....	92
Figura 28.	Brillo solar del mes de octubre de 1,998.....	92
Figura 29.	Brillo solar del mes de noviembre de 1,998.....	92
Figura 30.	Brillo solar del mes de diciembre de 1,998.....	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Características del perfil de los suelos de la serie Patzité.....	23
Cuadro 2.	Análisis bromatológico de la planta cola de caballo orientado hacia la determinación del ingrediente activo.....	24
Cuadro 3.	Tratamientos utilizados para el control de <u>P. infestans</u> en papa (<u>Solanum tuberosum</u> L.).....	30
Cuadro 4.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en hojas (factorial).....	37
Cuadro 5.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en hojas (incluye testigos).....	39
Cuadro 6.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en brotes (factorial).....	41
Cuadro 7.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en brotes (incluye testigos).....	42
Cuadro 8.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 1-5 centímetros de longitud (factorial).....	45
Cuadro 9.	Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 1-5 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío.....	46
Cuadro 10.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 6-10 centímetros de longitud (factorial).....	47
Cuadro 11.	Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 6-10 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío.....	48

Cuadro 12.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 11-15 centímetros de longitud (factorial).....	49
Cuadro 13.	Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 11-15 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío.	49
Cuadro 14.	Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos mayores de 15 centímetros de longitud (factorial).....	50
Cuadro 15.	Prueba de Tukey para el la longitud de infección mayores de 15 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío.	51
Cuadro 16.	Prueba de Tukey para el rendimiento de papa en Kg/ha de los 14 tratamientos evaluados (incluye testigo).....	56
Cuadro 17.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en hojas.....	56
Cuadro 18.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en brotes.....	59
Cuadro 19.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 1-5 centímetros de longitud.....	59
Cuadro 20.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 6-10 centímetros de longitud.....	60
Cuadro 21.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 11-15 centímetros de longitud.....	60

Cuadro 22.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos mayores de 15 centímetros de longitud.....	60
Cuadro 23.	Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable: Rendimiento.....	60
Cuadro 24.	Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados, incluye testigo químico y absoluto.....	62
Cuadro 25.	Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados, incluye testigo químico y absoluto.	63
Cuadro 26.	Tasa marginal de retorno para los tratamientos no dominados.	64
Cuadro 27.	Análisis utilizando residuos de los tratamientos no dominados en el control de tizón tardío.	65
Cuadro 28A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección en hojas (Factorial).....	74
Cuadro 29A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección en hojas (incluye testigos).....	74
Cuadro 30A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección en brotes (Factorial).....	74
Cuadro 31A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección en brotes (incluye testigos).....	75
Cuadro 32A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 1-5 centímetros en tallos (Factorial).....	75
Cuadro 33A.	Análisis de varianza para la longitud de infección, 1-5 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos).....	75

Cuadro 34A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 6-10 centímetros en tallos (Factorial)	76
Cuadro 35A.	Análisis de varianza para la longitud de infección, 6-10 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)	76
Cuadro 36A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 11-15 centímetros en tallos (Factorial)	76
Cuadro 37A.	Análisis de varianza para la longitud de infección, 11-15 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)	77
Cuadro 38A.	Análisis de varianza para el porcentaje de infección, mayores de 15 centímetros en tallos (Factorial)	77
Cuadro 39A.	Análisis de varianza para la longitud de infección, mayores de 15 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)	77
Cuadro 40A.	Análisis de varianza para el rendimiento de papa en Kg/ha, de los tratamientos evaluados (incluye testigos)	78
Cuadro 41A.	Rendimiento de papa por calidades Kg/ha obtenido en los 14 tratamientos para el control de tizón tardío	78
Cuadro 42A.	Datos de campo de la 7 lecturas del porcentaje de infección de tizón tardío en hojas de papa	79
Cuadro 43A.	Datos de campo de la 7 lecturas del porcentaje de infección de tizón tardío en brotes de papa	80
Cuadro 44A.	Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la cuarta lectura 45 días después de la siembra	81

Cuadro 45A.	Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la quinta lectura 55 días después de la siembra	81
Cuadro 46A.	Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la sexta lectura 65 días después de la siembra	82
Cuadro 47A.	Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la séptima lectura 75 días después de la siembra.....	82
Cuadro 48A.	Análisis químico del suelo experimental	83

EVALUACIÓN DE CUATRO CONCENTRACIONES Y TRES INTERVALOS DE APLICACIÓN DE COLA DE CABALLO (Equisetum giganteum L.) EN EL CONTROL DE TIZÓN TARDÍO (Phytophthora infestans De Bary) EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.), EN LA ALDEA SACSIGUAN, SOLOLA.

EVALUATION OF FOUR CONCENTRATIONS AND THREE INTERVALS OF APPLICATION OF HORSETAIL (Equisetum giganteum L.) ON LATE BLIGHT CONTROL (Phytophthora infestans De Bary), IN POTATO CROP (Solanum tuberosum L.), IN SACSIGUAN, SOLOLA. GUATEMALA.

RESUMEN

En Guatemala el cultivo de la papa es de mucha importancia para pequeños y medianos agricultores del altiplano medio y occidental debido a su rentabilidad aceptable, además es una fuente potencial de alimento. Lamentablemente los rendimientos obtenidos por unidad de área son bajos, debido a diversas causas, principalmente a la enfermedad causada por tizón tardío, (Phytophthora infestans De Bary), la cual es una de las mayores limitantes para la producción de papa. Para el control del hongo tradicionalmente se utiliza productos químicos, sin embargo esto provoca un incremento en los costos de producción, además una alta contaminación ambiental.

Una alternativa para tratar de reducir y contrarrestar el problema es la evaluación de cuatro concentraciones de Equisetum giganteum L. a tres intervalos de aplicación.

Los objetivos que se evaluaron fueron: Identificar el intervalo y concentración de cola de caballo que presente mejor control sobre el hongo Phytophthora infestans en el cultivo de la papa; y establecer que concentración representa la mayor relación beneficio-costo.

Para realizar la investigación se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar con 14 tratamientos y 4 repeticiones; en un arreglo bifactorial siendo las variables de respuesta: a) infección en hojas b) infección en brotes c) infección en tallos d) incidencia y e) rendimiento; las cuales fueron sometidas a una comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey y contrastes ortogonales, así mismo se realizó un análisis económico por medio de la técnica del presupuesto parcial.

La incidencia de la enfermedad llegó al final del experimento a un 100% en todos los tratamientos, causando la muerte de todos los tratamientos a excepción del testigo relativo (mancozeb).

Al final del experimento se determinó, que el testigo del agricultor (mancozeb) mostró ser más efectivo en el control de tizón tardío, con beneficio neto alto, alto rendimiento, pero con una tasa de retorno marginal baja; mientras que los tratamientos botánicos tenemos que cola de caballo (Equisetum giganteum L.), a concentraciones de 3.75 Kg/ha y 5.67 Kg/ha aplicadas a intervalo de 1 día, fueron las más efectivas en el control de tizón tardío, con rendimientos menores al tratamiento mancozeb, pero con tasas de retorno marginal más altas. De los tratamientos evaluados, el que permitió los beneficios económicos más altos y a la vez un alto rendimiento fue el testigo químico con una tasa de retorno marginal de 100% y un rendimiento de 25,515.00 Kg/ha, seguido de Equisetum giganteum L. en concentraciones de 3.75, 11.33 y 5.67 Kg/ha con rendimientos de 23,749.00, 18,583.25 y 17,891.50 Kg/ha, ambas aplicadas con intervalo de 1 día, posteriormente encontramos la concentración de 5.67 Kg/ha, aplicándola con intervalo de 2 días y cuyo rendimiento fue de 16,943.25 Kg/ha y por último tenemos la concentración de 15.00 Kg/ha la cual fue aplicada con intervalo de 1 día y cuyo rendimiento fue de 15,307.00 Kg/ha.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) representa un recurso alimentario de relevante importancia tanto actual como potencial para Centroamérica en general. Es considerada como una hortaliza en la mayoría de los países del área, y la importancia que cada uno de éstos le da, se ha venido imponiendo cada vez más por su gran potencial de producción como fuente de alimentos y por su valor nutritivo (8, 24).

En nuestro país actualmente los productores de papa son de aproximadamente 100,000, con producciones de 3,085,600 qq anuales, de los cuales se exporta al mercado centroamericano y sur de México 308,560.00 qq, creando con esto divisas al país y 2,777,040 qq, son consumidos por el mercado nacional (23).

De acuerdo a la investigación realizada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (21, 22) el rendimiento en el lugar de la presente investigación es de aproximadamente 242.50 qq/Ha, considerándose una producción baja, debido a que los productores deben afrontar una serie de factores adversos que impiden incrementar los rendimientos, considerando a las plagas y enfermedades como las más importantes, sobresaliendo entre ellas por el daño que causa el tizón tardío (Phytophthora infestans De Bary), siendo ésta enfermedad la que mayor daño ocasiona al cultivo, principalmente en época lluviosa, llegando al extremo de terminar con el cultivo, si no se controla adecuadamente, por lo que los agricultores con el fin de contrarrestar el daño que ocasiona la enfermedad hacen aplicaciones en dosis elevadas con el fungicida Mancozeb a razón de 2.5 Kg./aplicación/ha, mientras que la dosis recomendada es de 0.75 a 1.5 Kg./aplicación/ha, lo que viene a ocasionar un aumento en los costos de producción y un consecuente daño al ambiente.

Investigaciones realizadas con respecto al uso de productos botánicos para la prevención de enfermedades en plantas, demuestran efectividad en el control de tizón

tardío (Phytophthora infestans De Bary), en este sentido se tiene la experiencia de agricultores y trabajos de investigación científicos llevados a cabo, cuyos resultados indican que el uso de cola de caballo (Equisetum giganteum L.), en dosis de 3.75 y 5.67 Kg/ha aplicada a intervalos de 1 día son efectivas en el control de la enfermedad. En la presente investigación se evaluó dos concentraciones y dos intervalos más de aplicación, comparando con el fungicida químico Mancozeb, buscando de esta manera alternativas para reducir costos y que se convierta en una solución dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de la papa es atacado por enfermedades fungosas principalmente en la época lluviosa en la que destaca el tizón tardío que es provocada por el hongo Phytophthora infestans De Bary y el control químico ha sido siempre el método utilizado por los agricultores para el control de dicha enfermedad, pero haciéndolo en dosis e intervalos de aplicación no recomendados, ya que el agricultor del departamento de Sololá, hace fumigaciones con intervalos de aplicación de 1 día, creando con esto un incremento en los costos de producción por lo que se hace necesario plantear investigaciones que permitan encontrar soluciones tanto por el uso inmoderado de productos químicos como plantear el uso de productos botánicos, que además de reducir costos minimizan la contaminación ambiental.

En la presente investigación se plantea alternativas de control, evaluando cuatro concentraciones y tres intervalos de aplicación, con el propósito de determinar la concentración e intervalo Equisetum giganteum L. más adecuada para controlar el tizón tardío (Phytophthora infestans) en el cultivo de la papa.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Cultivo de la Papa (Solanum tuberosum L.)

Es una planta que pertenece a la familia de las solanaceas, originaria de las regiones andinas de Sudamérica, siendo los principales productores los países Europeos, Canadá y Estados Unidos. Por su cultivo se clasifica como una planta anual, aunque puede comportarse vegetativamente como perenne en el campo de un año a otro en las regiones muy frías (29).

Sus tallos son llenos con hojas muy hendidas, flores variando del blanco al violeta según la variedad, existiendo algunas variedades que no florecen y otras que sus flores no forman semillas. La papa es un tubérculo que se forma en las puntas de una ramificación subterránea del tallo, llamada estolón o rizoma, ocasionalmente se forma a lo largo de los propios tallos subterráneos; de acuerdo con la variedad toman diferentes formas y tamaños así como color. La formación de los tubérculos se inicia generalmente cuando las plantas alcanzan 25 centímetros de altura o de 5 a 6 semanas después de la siembra y están listos para cosecharse a los 120 días, su reproducción se hace por medio de tubérculos enteros o seccionados (29).

En cuanto al clima, la papa se adapta bien a alturas comprendidas entre los 1,000 a 2,400 msnm, climas templados y fríos, las temperaturas óptimas para su buen desarrollo son de 16 a 24 grados centígrados, pudiendo soportar hasta temperaturas de 12 grados centígrados (29).

3.1.2 Tizón Tardío (Phytophthora infestans De Bary).

A. Generalidades: Es causada por el hongo (Phytophthora infestans De Bary) recibe también varios nombres que varían de país y aún de región a región, los más conocidos en América Latina son: gota, gotera, lancha, hilo fungoso, es sin lugar a dudas la enfermedad que causa mayores pérdidas en el mundo entero en papa y tomate. Se

presenta siempre que hay condiciones climáticas propicias, siendo éstas, lluvias frecuentes, alta humedad relativa (90 a 100%) o rocío abundante (31).

B. Centro de Origen: Se supone que la enfermedad es originaria de México. Condiciones especiales de clima y especies hospedantes avalan tal suposición, que podría extenderse por los mismos motivos a ciertas zonas de Centro América y acaso algunas de América del Sur. Phytophthora está presente en forma perenne en el Valle de Toluca (México) siendo probable que haya existido allí por cientos de años (Nieder Lauser Y Mills, 1953). Según Heald (1933), Walker (1957) y muchos otros, fue introducida en Europa y simultáneamente en EE.UU. entre 1830 y 1840. En 1842 produjo serios daños en cultivos de Irlanda, Inglaterra y EE.UU. Como hecho sin precedente para una enfermedad se cita que Irlanda sufrió hambre su población se diezmó influyendo en la pérdida de vidas por desnutrición (20).

El hongo ataca a dos especies de gran importancia económica utilizadas para la alimentación: papa y tomate, ambas originarias de América. Ha sido citada para berenjena en distintos países (Fernando Valiela, 1952). La importancia mayor del cultivo de papa se debe a que no solo significa un alimento de primera necesidad para el hombre, si no que se utiliza para animales, especialmente cerdos, en la industria como la de fécula y derivados. Por ello esta exposición está referida en especial al tizón de la papa.

C. Distribución: Es mundial, el tizón tardío es de carácter destructivo donde quiera que se siembre papa, sin aplicación de fungicidas, excepto en áreas cálidas, secas y bajo riego (36).

D. Hospedantes: Papa y tomate, también ataca berenjena y otras solanáceas así como algunas malezas (31).

E. Sintomatología: Ataca hojas, tallos y tubérculos en el cultivo de la papa, la manifestación de síntomas en el follaje aparece después de cierto desarrollo de la planta.

Este periodo previo está relacionado con la resistencia de la planta al patógeno, para las variedades susceptibles; las primeras manchas se observan en severas epifitias, entre 30 y 40 días después de la plantación, cuando la planta ha desarrollado bien, pero en algunos cultivos cuando la incidencia del hongo es grave, se observan ataques en plantas con 15 centímetros de altura y de 6 a 8 hojas en el tallo.(36). Los síntomas en las hojas se presentan como manchas irregularmente circulares, al comienzo son de color verde desteñido, casi castaño en la parte central y que rápidamente toma el color castaño, terminando con la muerte de los tejidos atacados, en el borde de la mancha se forma un halo clorótico. Esta lesión se extiende rápidamente por la lamina alcanzando el peciolo de la hoja que luego cae, en el caso de que las condiciones climáticas sean desfavorables una vez aparecida la mancha esta no progresa y queda de un color castaño, seca y quebradiza, si las condiciones cambian favoreciendo el hongo, las manchas progresan nuevamente (36).

La sintomatología en el tallo, aparece como manchas alargadas de igual color que en las hojas, pudiendo aparecer antes que estas, el tallo toma una consistencia vítrea y se quiebra con poco esfuerzo cuando las condiciones climáticas son muy favorables al parásito produce sucesivas infecciones en las hojas y los tallos, la planta se deshoja el tallo queda ennegrecido y sucumbe al poco tiempo (36).

En el tubérculo ataca generalmente a la superficie, irregular en forma y tamaño en la que se puede observar una alteración del color de la corteza, ligeramente castaño y también a veces áreas hundidas. Si la pudrición es seca, el tubérculo se mantiene entero sin descomponerse y la enfermedad puede detenerse, pero cuando va acompañado de bacterias y hongos saprófitos que es lo más frecuente toma una consistencia blanda con pudriciones cremosas a la vista, los tejidos se descomponen y exhalan un fuerte olor desagradable (35).

F. Tipos de Phytophthora: El género Phytophthora, aislado por De Bary (1876), esta representado por un número de especies relativamente reducido, pues existen actualmente descritas, más o menos 27, incluyendo sus sinónimos (19).

Según Frezzi (1950), en mayor o menor grado causan importantes enfermedades, de preferencia radicales, en las plantas cultivadas. Algunas especies son específicas de un determinado huésped o parasitan a unos pocos, mientras que otras son polifagas y se encuentran muy difundidas, tales como: P. cinnamomi, P. citrophthora y P. Parasítica (17).

Frezzi, describe para el país mediante un estudio morfológico, cultural y fisiológico bien detallado, once especies y una variedad, siendo las mismas las siguientes: Phytophthora boehmeriae, Phytophthora cactorum, Phytophthora capsici, Phytophthora cinnamomi, Phytophthora citrophthora, Phytophthora drechsleri, Phytophthora megasperma, Phytophthora palmivora, Phytophthora parasitica (17).

G. Productos y tipos de control de Phytophthora: El tizón tardío puede contrarrestarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos químicos aplicados en la temporada adecuada, sólo debe utilizarse semilla sana. Deben destruirse todas las plantas procedentes de semilla de cultivos anteriores de la zona de cultivo, ya que todas las plantas de este tipo constituye una fuente de infección para el tizón tardío (2, 35).

No se conocen variedades resistentes, pero existen variedades que poseen la denominada resistencia de campo, la cual sólo es una resistencia parcial variante pero que es afectiva sobre todas las razas del hongo del tizón tardío. Sin embargo, no es suficiente confiar sólo en la resistencia de las variedades vegetales para controlar el tizón, debido a que con clima favorable, ésta enfermedad infecta severamente a esas variedades a menos que se les aplique un buen fungicida protector. Incluso a las variedades resistentes debe aplicárseles fungicidas con cierta regularidad a fin de

eliminar tanto como sea posible el ataque por razas de hongos a las que no son resistentes, o bien para razas completamente nuevas.

Las aspersiones químicas con fungicidas, si se aplica adecuadamente, casi siempre mantienen bajo control al tizón tardío.

Dichas aspersiones deben llevarse a cabo cuando las plantas tengan una altura de 15 a 30 centímetros por lo menos 10 días antes de la fecha en que aparezca el tizón tardío en la zona del cultivo. Las aspersiones deben llevarse a cabo una vez cada 4 o 5 días cuando el tiempo sea húmedo, brumoso o lluvioso y cuando las noches sean moderadamente frías deben seguirse efectuando. El aprovechamiento del momento oportuno y la protección del follaje reciente y anterior son esenciales para que las plantas sean protegidas de la enfermedad. Una vez que se ha establecido el tizón tardío, es extremadamente difícil controlarlo, a menos de que el tiempo vuelva a ser cálido (35 grados centígrados o más) y seco. Los compuestos químicos que se utilizan para el control del tizón tardío incluyen varios ditiocarbonatos como el mancozeb, el captafol, clorotalonil, poliran y el hidróxido de fentina, así como varios compuestos de cobre que incluyen kocide, oxiclورو de cobre y la pasta bordelesa (2, 35).

Para la formación de los almácigos o semilleros, debe utilizarse suelo limpio que no haya sido contaminado, o bien, debe esterilizarse como se describe a continuación:

Se elige un terreno de preferencia no cultivado antes, con buen drenaje para evitar excesos de humedad y que esté protegido de vientos fuertes y fríos de la región.

Dos semanas antes de la siembra se desinfecta el suelo que se va a destinar para el almácigo, utilizando 17 litros de una solución de una parte de formol comercial (al 35 - 40%) en cincuenta partes de agua por metro cuadrado de almácigo. Esta solución se distribuye uniformemente con una regadera de mano. A continuación se cubre con tela plástica, lonas impermeables o periódicos húmedos. Deben sellarse lo mejor posible los bordes para evitar escapes del gas.

Después de 24 a 48 horas se destapa el almácigo removiéndolo bien durante 12 días para favorecer el escape de gas y evitar que ocasione daños a la semilla en germinación. Otros productos eficaces son el Vapam (V.P.M.) en dosis de 50 a 100 centímetros cúbicos por metro cuadrado; o bien el bromuro de metilo.

Es indispensable para el control de este género el establecimiento de un buen programa para combatir el tizón, en el cual se toman como base varios aspectos principales.

- Fecha de siembra.
- Condiciones climáticas.
- Fungicida apropiado, concentración y frecuencia de aplicación.
- Destrucción de los desechos de cosecha.
- Uso de variedades resistentes.
- Uso de semilla sana.

Se obtiene un buen control cuando los tratamientos son oportunos. Se recomiendan las aplicaciones cada cinco o siete días, sobre todo en época de lluvias con Manzate, Fungisol - M, Dithane M - 22, o bien Agrimycin - 500; cualquiera de ellos en dosis de 1 kilogramo por hectárea en 400 litros de agua. Debe procurarse un buen cubrimiento (20).

Godoy (1943), indica que durante la epifitía 1940 - 41, en algunos cultivos las pulverizaciones se repitieron con intervalos de 8 a 10 días, tres y cuatro veces, pero el ataque del 14 - 15 de febrero de 1941 arrasó con todos los cultivos de la zona, aún con aquellos pulverizados 4 ó 5 días antes de esta infección y agrega textualmente: "A pesar del gran empeño puesto en esta lucha, no se puede controlar la enfermedad, comprobándose que cuando el "tizón" se presenta con la severidad que lo hizo en el verano 1940 - 41, resulta muy difícil, sino imposible, evitar sus daños. A este respecto diremos que en el extranjero se reconoce que es difícil controlarlo mediante métodos

químicos cuando las epifitias son muy severas y que solo es posible el "control comercial" en caso de ataques benignos y aislados".

De las indicaciones dadas por Lucia Koch de Bertella (1947) tomamos aquellas que consideramos más adecuadas:

1. Sembrar sólo papa sana proveniente de cultivos sanos.
2. Destinar al consumo todo tubérculo que presente síntomas de Phytophthora infestans, siempre que su estado no sea demasiado avanzado.
3. El agricultor debe aplicar tratamientos periódicos de caldo bórdeles u otro fungicida, teniendo presente que para el desarrollo de este hongo son condiciones óptimas tiempo húmedo, caluroso de día y frío de noche.
4. En época de ataques, al comenzar éstos es conveniente aporcar los papales para impedir que las fructificaciones del hongo lleguen a infectar los tubérculos.
5. Si Phytophthora atacara el cultivo cuando el estado vegetativo está casi finalizando, es conveniente esperar un día seco y de sol para recoger y destruir toda la parte aérea de las plantas, quemándola si fuera posible; luego cosechar en días secos y con sol, con el fin de aminorar el peligro de infección de los tubérculos por los conidios o zoosporangios del hongo, que se desprenden de los restos del follaje al manipular las plantas e impedir al mismo tiempo su diseminación sobre la tierra.
6. Phytophthora infestans ataca directamente el tubérculo provocando una podredumbre seca. En los lugares de almacenamiento donde el grado de humedad y la temperatura favorecen el desarrollo de este hongo, puede infectar los tubérculos vecinos. Las lesiones producidas facilitan la entrada de bacterias que en condiciones de humedad y temperatura favorables, pudren en pocos días al tubérculo, luego se extiende a las papas vecinas destruyéndolas de igual modo.

7. Los tubérculos seleccionados para semilla, deben colocarse en cajones, en camadas finas conservándolas luego en galpones o lugares frescos, secos y de buena aireación, pues un ambiente fresco, seco y ventilado entorpece el desarrollo tanto de la Phytophthora como de las bacterias (17).

H. Clasificación

Reino:	Chromista
Phyllum:	Oomycota
Clase:	Oomycete
Orden:	Phytiales
Familia:	Phythiaceae
Género:	<u>Phytophthora</u>
Especie:	<u>Infestans</u> (3)

Dentro de la especie más estudiada de la clase Oomycete está (P. infestans), siendo uno de los más importantes de los hongos fitopatógenos, muchas especies atacan la parte aérea de las plantas, otras permanecen en el suelo y causan el mal del talluelo en plantas jóvenes o bien pudriciones y llagas corticales y raíces de plantas adultas (20).

I. Etiología: El organismo causal del tizón tardío de la papa es el hongo denominado Phytophthora infestans De Bary. El hongo fue descrito por Montagne en el año de 1,845 como Botrytis infestans, luego por algún tiempo fue tratado dentro del género peronospora. Hasta que en el año de 1,875 De Bary propuso el nuevo género Phytophthora (del griego Phyton que significa planta y Phterios que significa destructor); tomando en base el modo peculiar de producir conidios.

Se caracteriza por su micelio cenocítico inter e intra celular muy ramificado hialino. Los esporangióforos a través de los estomas de las hojas y por las lenticelas en el tubérculo. Los zoosporangios son de forma ovoide, con papilas y un leve resto de pedicelo. Miden de 22 - 36 x 14 - 23 micrones. Al principio se encuentra en la parte

terminal del zoosporangióforo, pero debido al crecimiento indefinido de este, pasan a ser laterales; los ensanchamientos que se producen en los esporangióforos indican los lugares donde se ha efectuado la esporulación; esta forma de esporangióforos es típica de Phytophthora infestans y sirve para diferenciarlo de hongos muy relacionados a él (36).

J. Patogénesis: El primero que dio información de la penetración de los zoósporos fue De Bary, quién indicó que la penetración era directa y ocurría aproximadamente a las dos horas después de la inoculación con los zoósporos. De acuerdo a Sarasola (36) los zoósporos enquistan, germinan y producen apresorios; los apresorios son ligeramente más pequeños que los zoósporos enquistados. El protoplasma pasa a través del tubo germinativo hacia el apresorio, este último puede ser confundido con el zoósporo enquistado y sacar como conclusión que la penetración tuvo lugar directamente sin ayuda del apresorio, el protoplasma pasa desde el apresorio, por el cono de penetración para formar el micelio primario, este origina un micelio secundario en forma de dedos que invade el tejido. La penetración se cumple dos horas después con los zoósporos móviles tanto en variedades resistentes como susceptibles. La desintegración del micelio primario y la muerte de las células alrededor del punto de penetración ocurre entre 48 y 72 horas después de la inoculación. En muchos casos la penetración ocurre directamente por la epidermis, pero puede hacerlo por los estomas; si bien la presión es la responsable de la penetración, hay evidencias que ciertas sustancias actúan con anterioridad, provocando un cambio en la constitución de la pared celular que facilita la invasión del hongo (36).

K. Reproducción

A. Sexual: Este hongo requiere de un par de apareamientos para reproducirse sexualmente, debido a que uno sólo de ellos ocurre en la mayoría de los países, la fase sexual del hongo rara vez se ha observado, en México ambos tipos de apareamiento se encuentran ampliamente distribuidos y los zoósporos del hongo son muy comunes (1).

Amos, citado por Cali (11), indica que en México se han encontrado esporas, donde existen ambos tipos compatibles de apareamiento. Las hojas que tocan el suelo son las primeras en infectarse, lo que sugiere que las zoosporas probablemente juegan un rol en la supervivencia del hongo, bajo condiciones adversas la hibernación de Phytophthora infestans se hace de micelio ya sea en los tubérculos de plantas voluntarias, en los tubérculos desechados o en los almacenes para semilla. Después que la planta emerge el hongo invade algunos de los brotes en desarrollo y esporuela, siempre que las condiciones sean favorables, produciéndose así un inoculo primario. Una vez realizada la infección primaria, la diseminación se realiza por medio de esporangios que son transportados por el agua y por el viento.

B. Asexual: El hongo produce esporangióforos ramificados de crecimiento indeterminado, en los puntos de las ramificaciones se forman esporangios papilados que tienen la forma de un limón, con el crecimiento de las puntas de las ramificaciones se desprenden los esporangios, en los sitios donde se forman los esporangios aparecen hinchamientos que son característica particular del hongo (1).

L. Ciclo Biológico: La forma en que este hongo sobrevive de un año a otro ha dado lugar a numerosas explicaciones y se han enunciado varias teorías:

- Que el micelio permanece en el suelo.
- Que el micelio permanece en el tubérculo enfermo.
- Que se producen esporas de permanencia, las que originan nuevas infecciones.
- Que el micelio permanece latente en la planta de papa.
- Que el hongo fructifica en los tubérculos, semilla, en el suelo y la espora alcanza la superficie del suelo causando infección en el follaje.
- Que cuerpos semejantes a esclerocios originan infecciones.

De estas teorías la más aceptada es la que indica que Phytophthora infestans puede pasar de un año a otro en los tubérculos.

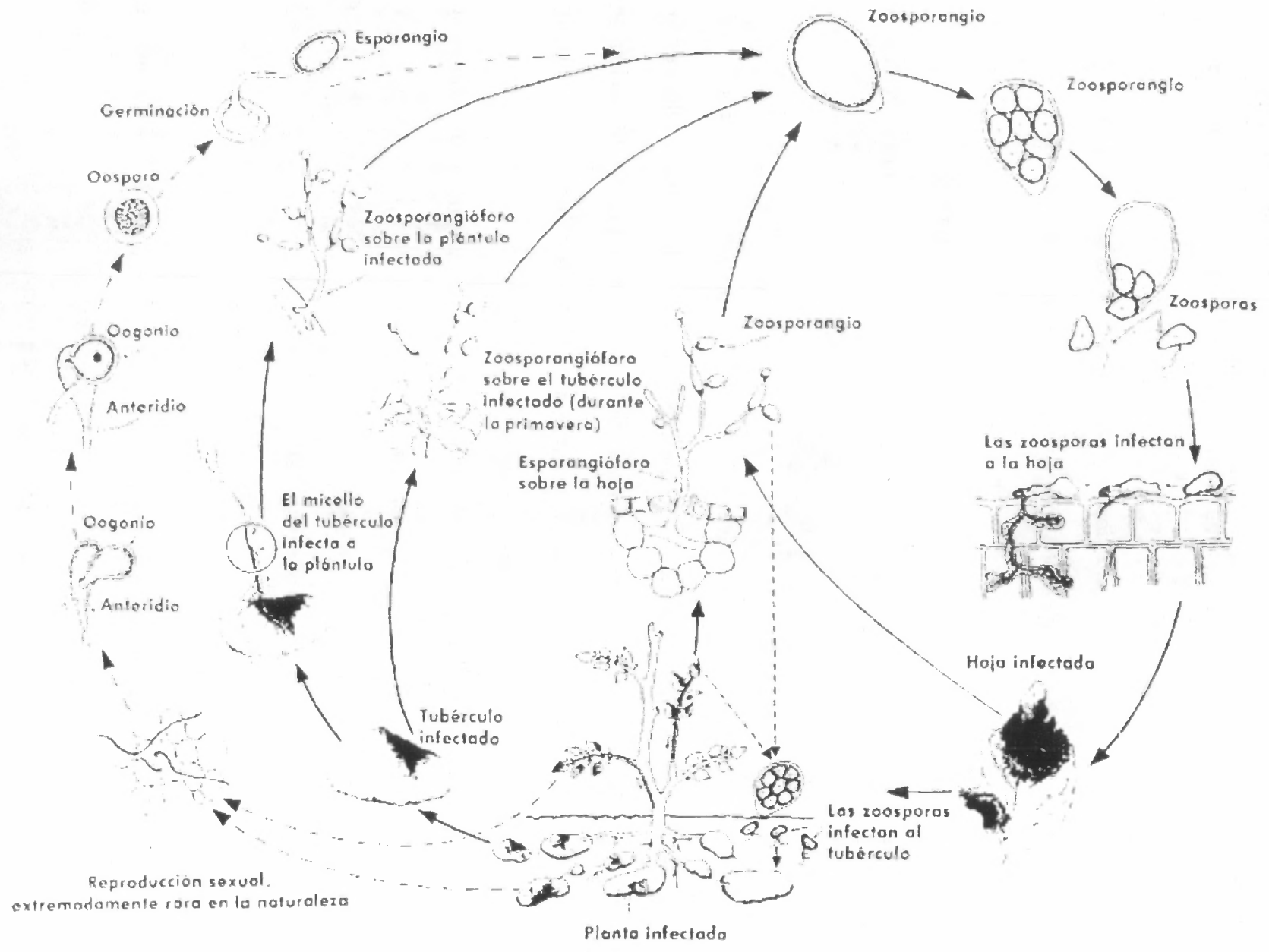


Figura 1. Ciclo del tizón tardío de la papa, producido por *Phytophthora infestans* (3).

3.1.3 Fungicidas de Origen Natural

Los fungicidas orgánicos son normalmente preventivos, o sea que deben aplicarse antes que aparezca la enfermedad para proteger las plantas, por tal razón se denominaron también fungistáticos, ya que inhiben primordialmente la germinación de las esporas del hongo y el desarrollo subsiguiente de la enfermedad. Varios de estos fungicidas orgánicos ostentan propiedades curativas, consiguiendo eliminar la enfermedad o detenerla si se aplican debidamente, ésta condición curativa debe ser comprendida bien para no llamarse a engaño en su aplicación; estas propiedades son ciertas y efectivas pero siempre usando el producto en el momento adecuado, no debe esperarse de ellos que eliminen la mancha o necrosis ya producidas, pues la infección esta ya muy adelantada (6).

Para la aplicación de los fungicidas orgánicos hay 2 puntos básicos que no deben olvidarse para obtener el debido éxito en su aplicación.

La primera aplicación debe hacerse antes de aparecer la enfermedad y la segunda iniciando el tratamiento, deben seguirse éstos a ritmo regular según indicaciones del fabricante del producto y de acuerdo con el crecimiento del cultivo, para que este se encuentre siempre protegido. Como norma general, cuando las condiciones son óptimas al desarrollo de la enfermedad (humedad media o elevada con temperatura adecuada), conviene estrechar el ritmo de tratamientos haciéndolos a intervalos más cortos; si por el contrario, el clima ambiental no es propicio al desarrollo, pueden ser alargados los intervalos en un término prudencial pero nunca excesivo (41).

3.1.4 Material Químico

3.1.4.1 Mancozeb (Dithane M-45)

Fungicida del grupo de los Ditiocarbamatos, actúa por contacto y es preventivo; su ingrediente activo es Etilenbis - ditiocarbamato de magnesio con iones de zinc, se ofrece

con el nombre de Dithane M-45 de la química Rohmand Haas Co. Otros nombres Mancozeb, Fure, Manzate 200, Mancofol.

- Toxicidad: $Ld_{50} = 7,500$ mg/kg.
- Fitotoxicidad: puede provocar anomalías en plántulas, no es recomendable aplicarlo en almácigos.
- Formulación: polvo mojable.
- Enfermedades controladas: su espectro de acción es amplio, por lo que se emplea para el control de muchas enfermedades principalmente P. Infestans, Alternaria Solani, etc.
- Dosis: 1.5 Kg./ha.(43).

3.1.4.2 Resistencia a Metalaxil (Ridomil MZ-72)

Reducir Inoculo Inicial: Para papas, es importante para la planta la siembra de tubérculos sanos, de manera que el patógeno no sea importado con la siembra de tubérculos. Otras fuentes de inoculo en una región cultivada podría ser eliminado, estas incluye algún lugar donde los tubérculos de papa infectados pudieron residir: Pilas de papa extraídas, o tubérculos de papa no cosechados que sobrevivieron de una estación a la siguiente, porque esporangios de Phytophthora infestans puede ser dispersados aéreamente, porque tizón tardío es una enfermedad comunal. Es importante que todo agricultor en una región de producción colabore a eliminar fuentes de inoculo, si esto no pasa, unos pocos campos con plantas infectadas pueden poner en peligro una producción en una región entera.

La infección de tubérculos puede ser limitados por la creciente profundidad de la barrera del suelo que protege los tubérculos para disminuir la probabilidad a la infección. Teóricamente, la infección de tubérculos puede ser prevenido por funguicidas sistémicos cuando el patógeno es susceptible a esos funguicidas. Por ejemplo Metalaxil fue efectivo en prevenir la infección de tubérculos causado por cepas de Phytophthora

infestans sensibles a Metalaxil. De cualquier modo Metalaxil casi no tiene efecto contra cepas que no son susceptibles. En el tiempo que esta descripción fue escrita (1996) no hubo sustancia química efectiva completamente para prevenir la infección de tubérculos causado por todas las cepas (9).

Limite de Velocidad de Crecimiento del Patógeno: Cultivares resistentes a tizón tardío y aplicaciones periódicas de funguicidas limitan la velocidad de crecimiento. Ambos son efectivos y pueden ser usados juntos. En algunos agroecosistemas, cultivares con niveles muy altos de resistencia son disponibles y estos solos son suficientes para suprimir el tizón tardío. En otros lugares, tales cultivares altamente resistentes no son disponibles, y funguicidas son también requeridos. Notar que algunas cepas de hongos son insensibles a algunos funguicidas tal como Metalaxil.

Varios proyectos han sido desarrollados para mejorar la eficiencia con los funguicidas que son usados (Vam Everdingen, 1926; Beaumont, 1947; Deweille, 1964; Krause and Massie, 1975; Connell et al, 1991). La mayoría de estos proyectos identifican cuando las primeras aplicaciones de funguicida protectante debieron ser hechas en cada estación, tales proyectos operan en áreas de estaciones definidas y no en trópicos de terrenos montañosos donde la plantación puede ocurrir por todo el año. En general, tales proyectos tienen identificados exitosamente cuando las aplicaciones periódicas de funguicidas protectantes debieron comenzar. Algunos proyectos también intentan identificar la subsiguiente frecuencia de aplicaciones de funguicida, la eficacia de esta aproximación es menos segura.

Si un lugar caliente aparece tizón tardío, cultivadores deberían destruir esa sección del campo tan rápidamente sea posible y quizás también incrementar la frecuencia de aplicación de funguicida en áreas y sus alrededores (9, 13).

3.1.5 Contaminación por Químicos

Además de la deforestación y la erosión el uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente en la costa del pacífico ha causado la contaminación del suelo y del agua, esto impide que muchas áreas contaminadas sean utilizadas para la cría de ganado y desarrollo de la acuicultura de agua dulce y maricultura, limitando el potencial de desarrollo del país y haciéndolo escasamente competitivo con otros países que tienen ecosistemas similares y menos contaminados (18).

El empleo de grandes cantidades de fertilizantes químicos dio lugar a rendimientos iniciales espectaculares, lo cual hizo necesario reforzar las dosis, esto provocó un desequilibrio en el metabolismo de las plantas, por el efecto quelante sobre los otros elementos y la desvitalización que se produce en el suelo, dando lugar a plantas más susceptibles a los parásitos; por lo que estas necesitan ser protegidas por plaguicidas enérgicos. Muchos de estos plaguicidas sintéticos persisten en el suelo durante largo tiempo y se incorporan a la cadena alimenticia, algunos de estos plaguicidas fueron utilizados intensivamente, pero actualmente su uso es prohibido, uno de estos es el DDT, del cual se han encontrado en la leche humana, varias veces superiores a las toleradas por la Organización Mundial de la Salud (7).

La contaminación es básicamente causada por el exceso en cantidad y constante uso de los plaguicidas y debido a que los procesos naturales no pueden degradar los plaguicidas, se provoca una contaminación del medio. Una sustancia no tiene carácter de contaminante por que sea un veneno, se constituye un contaminante cuando es tal su cantidad que el ecosistema es incapaz de degradarlo. La mayor parte de los compuestos químicos sintéticos que se producen actualmente, son nuevos para los sistemas biológicos, los organismos vivientes no pueden degradarlos fácilmente y son tóxicos cuando alcanzan concentraciones demasiado altas que no pueden ser diluidos y dispersados efectivamente por el ecosistema (42).

3.1.6 Cola de Caballo (Equisetum giganteum L.)

Se le llama también hierba de platero, Equisetum, hierba de plata y rabo de mula, pertenece a la familia de las equisetáceas (12).

Deriva de plantas que hace 400 millones de años (período paleozoico) formaban grandes bosques (12).

Esta planta es una de las pocas que durante el transcurso de los siglos no ha sufrido transformaciones y que ha llegado hasta nosotros tal y como era hace milenios (12). Es una planta perenne que crece en lugares húmedos y pantanosos de tierra silicea y arcillosa sobre todo en el altiplano del país (12, 39).

Se propaga por medio de esporas, en las paredes celulares de los tallos acumulados y en las ramas se forman cristales de sílice cuando estos se marchitan.(38). Este Phylum esta representado por una sola familia (Equisetáceas) con un solo género (Equisetum) con más o menos 25 especies y muchos de ellos habitan en lugares frescos, húmedos pero el Equisetum arvense crece en lugares secos. Debido a esta característica en días de la colonia, se les utilizó para lavar ollas y sartenes y de ahí que se les llamara "juncos para fregar". Los miembros de este género son conocidos comúnmente como colas de caballo (34).

Todas las especies tienen un rizoma ramificado del cual se forman los tallos erectos. Los tallos de acuerdo con la especie, se pueden ramificar profusa o escasamente; en cualquier caso, son rectos y están marcados por surcos y nudos visibles, el tejido que esta justamente arriba de los nudos permanece merismático y estructuralmente débil por lo que los tallos se pueden arrancar fácilmente en estos puntos. Las bases de los nudos están envainados por verticilos de pequeñas hojas simples, fusionados lateralmente. Cuando hay ramificaciones, las ramas surgen en los nudos inmediatamente debajo de las hojas y puesto que frecuentemente hay muchas hojas en un verticilo, se pueden

formar muchas ramas en cada nudo. Las hojas son de tamaño muy reducido, sin color verde y en muchas especies son de vida corta.

Los tallos son verdes y por lo tanto son los órganos que fabrican alimento. Las raíces existen sólo en los nudos de los rizomas o base de tallos erectos (34).

Los esporangióforos son estructuras especializadas muy diferentes en las hojas ordinarias están agrupadas en estrobilos en el extremo superior de las ramas erectas principales y ocasionalmente en ramas laterales. En la mayoría de las especies, los conos o estrobilos se producen en vástagos vegetativos ordinarios, en unas cuantas especies se forman solamente en retoños. Las especies actuales de Equisetum son homospóricas (34).

La cola de caballo contiene ácido silícico en proporciones hasta del 10% contribuyendo también las saponinas y las flavonas las cuales tienen como función biológica atraer ciertos insectos, favoreciendo la polinización, aplicando en forma foliar penetra a la epidermis aumentando la resistencia al ataque de otros insectos, las infecciones de virus y hongos, etc.(38). El Equisetum también contiene alcaloides de mucha importancia entre ellos están; 3 - metho - xypiridina, nicotina, plustiridina, equisetonina, equisetina (12).

La cola de caballo además de tener propiedades fungicidas actúa como insecticida, controla enfermedades como la cenicienta y también se le usa en el control de pulgones y otros insectos en cultivos de papa, tomate, fresa, brócoli, frijol, arveja china y otros. El extracto usado como fungicida e insecticida se prepara poniendo a hervir por 15 minutos una libra de cola de caballo en 3 litros de agua. De este extracto se utiliza un litro por 4 galones de agua para aplicar al follaje de las plantas por tratar (39).

Otra forma de preparación es cosecharlo cuando la planta está completamente crecida pero antes que tome una coloración café. Se deja secar en un lugar oscuro, calentando con aire, dándole vueltas mientras se seca.

Es el remedio biodinámico contra enfermedades de hongos y royas, se ha encontrado que la mejor receta según Fisher es: Tomar 1.5 onzas de la hierba seca, ponerlo en agua fría y dejar que hierba por 20 minutos, poco a poco dejar que se enfríe y luego colarlo. Usar una parte de este concentrado en 19 partes de agua como la solución para aplicar en el campo. El uso de Equisetum no es estrictamente un remedio, sino ayuda a establecer cierto equilibrio ecológico en las plantas¹. Cuando el daño a los cultivos es grave, se debe asperjar cada 3 días, en situaciones leves se hace semanalmente. El extracto debe usarse dentro de los 3 días después de su preparación (37).

Se puede mezclar el extracto con chichicaste (Urtica sp.) en proporciones de 1:2 o 1:1 diluirlo 5 veces para fumigar, aumentando la resistencia a plagas. También se puede combinar con azufre y cobre (38).

La cola de caballo se utiliza en la medicina popular contra afecciones pulmonares, el reuma, la gota, para gargarismos y enjuagues, en heridas mal cicatrizadas y para trastornos de la vejiga y los riñones (30).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Descripción general del área

A. Localización y Colindancias:

La aldea Sacsiguán está ubicada en el municipio de Sololá, departamento de Sololá. Está integrada por cuatro caseríos: San Isidro, Monte Mercedes, Tierra Linda y Peña Blanca, Colinda al Norte con la Aldea El Tablón y con el municipio de Concepción, al sur con el municipio de Panajachel y la Aldea San Jorge La Laguna, al este con el municipio de Panajachel y al oeste con la cabecera departamental de Sololá, su extensión es de 5.37 kilómetros cuadrados, y se ubica en las coordenadas 14°46'20" de latitud y 91°9'7" de longitud oeste en el meridiano de Greenwich (4).

¹ Fisher, R.N. 1,992 Equisetum Louis Berger International, Inc. (Comunicación Personal)

B. Climatología:

La temperatura media anual es de 14.3 grados centígrados, pero en general la temperatura durante todo el año oscila entre 4.9 y 21.4 grados centígrados. La época lluviosa está comprendida del mes de mayo al mes de octubre, los valores más altos se alcanzan en los meses de junio y septiembre, siendo la precipitación pluvial promedio anual de 1,305 milímetros. La humedad relativa promedio es de 80%, siendo frecuente las neblinas. Los vientos provienen del noreste y suroeste con una velocidad entre 18.4 y 30.6 kilómetros por hora (4).

C. Zonas de Vida:

Según la clasificación de las zonas de vida el área pertenece al bosque húmedo montano bajo subtropical (28).

D. Leyenda Geológica:

Qp: rocas ígneas y metamórficas (del cuaternario) rellenos y cubiertos gruesas de cenizas, pómez de origen diverso (27).

E. Región Fisiográfica:

El área pertenece a las tierras altas volcánicas de occidente (26).

F. Clasificación de suelos del Departamento de Sololá:

Serie de suelos Patzité: Los suelos Patzité, son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo-seco. Ocupa relieves inclinados a relativamente gran altitud en la parte sur central y en la suroeste de Guatemala. Se asocian con los suelos Totonicapán, Camanchá y Sinaché pero se encuentran a menor altura y tienen un suelo superficial de color más claro que los Totonicapán y Camanchá y no están tan bien desarrollados ni tienen subsuelos tan rojos como los Sinaché (37).

Cuadro 1. Características del perfil de los suelos de la serie Patzité.

CARACTERÍSTICAS	SUPERFICIAL	SUBSUPERFICIAL	MATERIAL MADRE
Profundidad	0.15 a 0.35	0.40	0.40 a 1.00
Color	Café Oscuro	Café	Café rojizo
Textura	Franco arenosa	Franco arcillosa	Arcilloso
Consistencia	Suelta a friable	Friable	Friable
Estructura	Cúbica	Cúbica poco desarrollada	Cúbica poco desarrollada
PH	6.0-6.5	6.0-6.5	6.0-6.5
Espesor Aproximado	15-25 centímetros	30-60 centímetros	50-60 centímetros

Fuente: Simmons et al. Estudio de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. (1959) (37).

3.2.2 Características de los Materiales Experimentales a Utilizar

A. Material Genético

- a) Papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Loman.
- b) Altura de planta 0.6 y 0.7 metros.
- c) Susceptible a tizón tardío (Phytophthora infestans De Bary).
- d) No florea.
- e) Tubérculos alargados y ovoides.
- f) Color externo del tubérculo amarillo crema y color interno crema.
- g) Ojos superficiales.
- h) Dos a cinco tallos por planta.
- i) Ciclo del cultivo 80 a 90 días.
- j) Rendimiento promedio 8 tm-ha.
- k) Variedad de muy buena calidad y una de las preferidas por el ama de casa (44).

B. Material Botánico

a. Cola de Caballo (Equisetum giganteum L.)

- i. Clasificación toxicológica: Levemente tóxica (15).
- ii. Clasificación botánica: Plantas con tallos de 3 metros de alto y 20 milímetros de diámetro, con regulares verticilos de ramas en los nudos, estomas en 2 - 3 - 4

líneas a lo largo, al lado de las ranuras de los tallos; vainas verdes o aproximándose a café claro, comúnmente cilíndricas y casi tan anchas como largas, regularmente apresas al tallo, los dientes blancos, o café con márgenes blancos, persistentes o tempranamente deciduas; ramas numerosas, 8-10 cordoncillos, los tubérculos en los cordoncillos cuadrados o aplanados, en perfil; estrobilo corto pero distintamente apiculado, creciendo en los ápices de las ramas, y ocasionalmente en el ápice de los tallos jóvenes; esporas verdes (40).

iii. Familia Equisetaceae.

iv. Principales Usos: En medicina se usa en úlceras, heridas pútridas y gangrenosas, hemorragia nasal y hemorroides, etc.(5).

Cuadro 2. Análisis bromatológico de la planta cola de caballo orientado hacia la determinación del ingrediente activo.

Planta	% HUM.	% MS	TANINOS %		AZUFRE %		SÍLICE %	
			BH	BS	BH	BS	BH	BS
Cola de Caballo	82	18	0.36	2.04	0.128	0.71	1.66	9.22

Fuente: QUIXTAN GOMEZ (32).

3.2.3 Investigaciones Realizadas

3.2.3.1 Evaluación del Efecto Fungicida de Cola de Caballo (Equisetum arvense) en Arveja china (Pisum sativum) y su Acción sobre el Rendimiento

La investigación se realizó en el parcelamiento La Alameda, departamento de Chimaltenango. Los productos evaluados fueron 3 concentraciones de Equisetum (0.78, 0.52 y 0.26 Kg./ha), como alternativa cultural para el control de la cenicilla. Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento que presentó un mayor rendimiento fue el Equisetum 0.78 Kg./ha, seguido de Equisetum 0.52 Kg./ha, para determinar que

tratamiento tiene mayor relación beneficio costo se efectuó un análisis económico concluyendo que el producto natural Equisetum 0.52 Kg./ha, fue el mejor (19).

3.2.3.2 Evaluación de Tratamientos Botánicos en el Control de Tizón Tardío (P. infestans) en el Cultivo de Papa en Sacsiguán, Sololá

Se evaluaron extractos de Cola de Caballo (Equisetum giganteum L.), Flor de Muerto (Tagetes patula L.) y Manzanilla (Matricaria chamomilla L.), además el producto químico Dithane M-45.

De los tratamientos botánicos se determinó que Equisetum giganteum L. y Tagetes patula L. fueron los más efectivos para el control de tizón tardío en dosis de 4.63 Kg./ha y 6.12 Kg./ha respectivamente. El testigo químico dithane M-45 obtuvo rendimientos más altos pero dio una de las menores tasas de retorno marginal y los más altos residuos (10).

3.2.3.3 Evaluación de tres extractos vegetales y un producto químico en el control (Phytophthora infestans) en Tomate (Lycopersicon esculentum).

La investigación se realizó en la aldea el Palmar, en el Municipio de Usphantán en el departamento de Quiché, utilizando el cultivo de tomate de la variedad roma VFN.

Se evaluaron tres productos botánicos para el control de la enfermedad los cuales fueron extractos de hoja de papaya, flor de muerto y planta de cola de caballo. El rendimiento obtenido en cola de caballo fue 4,278 Kg./ha, Flor de Muerto 6,203 Kg./ha, papaya 6,310 Kg./ha, dichos extractos superaron al testigo absoluto que obtuvo 3,850 Kg./ha (32).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar cuatro concentraciones y tres intervalos de aplicación Equisetum giganteum, sobre el control de P. infestans De Bary y su comparación con el que realiza mancozeb.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración e intervalo de aplicación de la especie Equisetum giganteum que realice mayor control de tizón tardío. (Phytophthora infestans De Bary).
- Comparar el costo del uso del fungicida químico con el costo del uso del producto natural en la producción de papa.
- Establecer que tratamiento representa la mayor relación beneficio - costo.

5. HIPÓTESIS

- Al menos una de las concentraciones de producto botánico tiene efecto fungicida semejante a el producto químico para la prevención y control de tizón tardío (P. infestans De Bary).
- Al menos uno de los tratamientos evaluados para el control de tizón tardío, produce un mayor rendimiento en el cultivo de la papa.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en los campos de producción de hortalizas de la Escuela de Formación Agrícola de Sololá (EFA). Ubicada en el municipio de Sololá, departamento de Sololá, el cual se encuentra a 3 kilómetros de la cabecera departamental, colinda al norte con el caserío Peña Blanca y Monte Mercedes de la aldea Sacsiguán, al sur con el Lago de Atitlán y la Aldea San Jorge La Laguna, al este con el municipio de Concepción y al Oeste con el municipio de Sololá, departamento de Sololá. (Figura 12).

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo bifactorial 4 x 3, con 14 tratamientos, incluyendo el tratamiento químico y un testigo absoluto; y 4 repeticiones, con un total de 56 unidades experimentales. Se utilizó este diseño en vista de que la gradiente (pendiente) se encuentra en un solo sentido, estando los bloques perpendiculares a la gradiente. (Figura 13).

6.3 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico que se utilizó para ver el efecto de los tratamientos fue:

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

Donde:

$i =$ 1, 2, 3 ... tratamientos

$j =$ 1, 2, 3 ... repeticiones

$Y_{ij} =$ Variable de respuesta

$M =$ Efecto de la media general

$T_i =$ Efecto del i - ésimo tratamiento

$B_j =$ Efecto del J - ésima repetición

E_{ij} = Efecto del error experimental

El modelo estadístico para las interacciones de las concentraciones (Factor A) e intervalos (Factor B) fué:

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + A_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

M = Efecto de la media general

A_i = Efecto de la i - ésima modalidad de las concentraciones

B_j = Efecto de la j - ésima modalidad de los intervalos

A_{ij} = Efecto de la ij - ésima interacción de las concentraciones y los intervalos

B_k = Efecto del k - ésimo bloque

E_{ijk} = Error experimental en la ijk - ésima unidad experimental (33).

6.4 DIMENSIONES DEL EXPERIMENTO

- a) Area de parcela bruta = 3.60 metros X 4.50 metros = 16.20 metros cuadrados
- b) Area de parcela neta = 3.00 metros X 3.00 metros = 9.00 metros cuadrados
- c) Distancia entre bloques = 0.75 metros
- d) Distancia entre tratamientos = 0.75 metros
- e) Distancia entre surcos = 0.90 metros
- f) Distancia entre plantas = 0.30 metros
- g) Número de parcelas = 56 parcelas
- h) Area total del ensayo = 1484.10 metros
- i) Número de plantas por parcela bruta = 91
- j) Número de plantas por parcela neta = 55

6.5 DISEÑO DE TRATAMIENTOS

Los tratamientos se aleatorizarón dentro de cada bloque, a través de un sorteo simple, las aplicaciones al follaje de las diferentes concentraciones se hicieron a partir de

los 20 días, hasta los 60 días después de la siembra, haciendo un total de 20 aplicaciones para el intervalo 1, 16 aplicaciones para el intervalo 2 y 12 aplicaciones para el intervalo 3; la dosis y el intervalo de aplicación del tratamiento químico (Mancozeb), fue utilizada como lo hace el agricultor de la zona.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados para el control de P. infestans en papa (Solanum tuberosum L.)

PRODUCTO	CONCENTRACIONES	INTERVALOS DE APLICACIÓN (DIAS)	TRATAMIENTOS
1. <u>Equisetum giganteum</u>	3.75 Kg/ha	1	T-1
		2	T-2
		3	T-3
2. <u>Equisetum giganteum</u>	5.67 Kg/ha	1	T-4
		2	T-5
		3	T-6
3. <u>Equisetum giganteum</u>	11.33 Kg/ha	1	T-7
		2	T-8
		3	T-9
4. <u>Equisetum giganteum</u>	15.00 Kg/ha	1	T-10
		2	T-11
		3	T-12
5. Testigo Absoluto (sin ninguna aplicación)	-----	0	T-13
6. Testigo Agricultor (Mancozeb)	2.5 Kg/ha	1	T-14

6.6 ESTADO DE DESARROLLO DEL MATERIAL BOTÁNICO; COLA DE CABALLO (Equisetum giganteum L.) Y EQUIPO UTILIZADO

Para obtener el extracto de cola de caballo (Equisetum giganteum L.), se tomó la parte aérea de la planta cuando está se encuentra en su fase dominante, es decir cuando el esporofito esta maduro y alcanza un crecimiento vertical de 1.50 metros y se encuentra con una coloración verde, luego se secó a la sombra y se pesaron las

diferentes concentraciones que fueron 1.0 libra (3.75 Kg/ha); 1.5 libras (5.67 Kg/ha); 3.0 libras (11.00 Kg/ha) y 4.0 libras (15.00 Kg/ha).

Posteriormente se agregó a cada una de las concentraciones 3 litros de agua, hirviéndose durante 15 minutos, colándose y dejándose enfriar, para luego colocarlas en recipientes oscuros; de este cocimiento se utilizó un litro para diluirlo en 15 litros de agua y se aplicó directamente a las plantas. Se utilizó bomba MATABI, boquilla tipo cono cerrado y las aspersiones se hicieron en horas de la mañana.

6.7 VARIABLES DE RESPUESTA

6.7.1 Severidad

A. Infección en hojas: Para determinar la infección de tizón tardío en hojas se utilizó la escala diagramática de severidad de daño en base al porcentaje de área foliar. (Figura 11). Las lecturas se realizaron a los 15, 25, 35, 45, 55, 65 y 75 días después de la siembra, utilizando un muestreo aleatorio dentro de la parcela neta, muestreando el 43% de plantas, equivalente a 24 plantas. De cada planta se tomó el porcentaje de infección promedio por tratamiento, los datos de porcentaje de infección fueron transformados por medio de $\sqrt{(y+1)}$.

B. Infección en Brotes: Juntamente con las lecturas de infección en hojas, utilizando el mismo muestreo y las mismas 24 plantas, se tomó el porcentaje de infección en brotes, haciendo uso de la escala diagramática de severidad de daño en base a porcentaje de área foliar afectada (Figura 11) ; posteriormente se realizó un promedio por tratamiento, transformando los datos de porcentaje de infección en brotes por medio de $\sqrt{(y+1)}$.

C. Infección en Tallos: Juntamente con las lecturas de hojas y brotes se determinó la infección en tallos, muestreando el número total de tallos por cada tratamiento. Clasificándose las infecciones en base a su longitud, en las siguientes clases: 1 - 5, 6 - 10, 11 - 15 y mayor de 15 centímetros de longitud, obteniéndose el porcentaje de cada

una de las lecturas efectuadas, para las diferentes clases de tratamiento. Los porcentajes fueron transformados por medio de $\sqrt{(y+1)}$.

6.7.2 Incidencia

La determinación del grado de incidencia de una plaga o enfermedad es probablemente el factor de mayor importancia en cualquier programa de evaluación de pérdidas. Es el proceso que genera la información que permitirá cuantificar el progreso del daño causado.

La incidencia se expresa en porcentaje y se obtiene a través de la siguiente ecuación (14, 16).

$$\text{Porcentaje incidencia} = \frac{\text{Plantas dañadas por parcela}}{\text{Plantas totales por parcela}} \times 100$$

6.7.3 Rendimiento en Kg/ha

Al final del experimento, se cosecharon el total de plantas de la parcela neta, el producto fue lavado y clasificado en 3 calidades (primera, segunda y tercera) que es como lo clasifica el agricultor de la zona, se pesó cada una de las calidades, determinando así el rendimiento total por tratamiento.

6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para las variables infección en hojas, brotes y tallos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para las distintas lecturas del porcentaje de infección así como para el rendimiento; como existieron diferencias significativas entre tratamientos al 5% de nivel de significancia, se realizó una comparación de medias, utilizando el comparador Tukey.

Con el propósito de determinar el desarrollo del grado de efectividad de los tratamientos en función del tiempo, se realizó un análisis de varianza entre las concentraciones, intervalos e interacción para el porcentaje de infección en hojas, brotes y tallos (factorial).

6.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para este análisis se utilizó la técnica de presupuesto parcial, análisis de dominancia y la tasa marginal de retorno.

6.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.10.1 Preparación del terreno

Se realizó un picado profundo con azadón, dos semanas antes de la siembra.

6.10.2 Siembra

Esta se realizó el día 19 de septiembre a una distancia de 0.90 centímetros entre hileras, 0.30 centímetros entre plantas y a una profundidad de 0.20 centímetros.

6.10.3 Fertilización

Se llevó a cabo en las cantidades y épocas recomendadas por el laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) (cuadro 48A del anexo) en la forma siguiente: la primera fertilización con triple 15-15-15 al momento de la siembra a razón de 519.48 Kg/ha, la segunda fertilización fue con 20-20-20, 30 días después de la siembra a razón de 194.81 Kg/ha.

6.10.4 Control de enfermedades

Este control se realizó de acuerdo al diseño de tratamientos indicado (Cuadro 3).

6.10.5 Control de plagas

Se realizó de acuerdo a las exigencias y presencia de plagas en el cultivo.

6.10.6 Control de malezas

Se efectuaron dos limpiezas manuales con azadón, la primera a los 30 días de siembra y la segunda a los 45 días después de la siembra realizando en este momento el aporque.

6.10.7 Defoliación

Se realizó en forma manual a los 75 días después de la siembra.

6.10.8 Cosecha

Se realizó a los 90 días después de la siembra en forma manual utilizando azadón.

6.10.9 Comercialización

Se comercializó previo lavado y clasificado en el mercado de Sololá.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como punto de partida es necesario indicar que la enfermedad se manifestó 25 días después de la siembra, a pesar de haber iniciado la aplicación de los tratamientos a los 20 días después de la misma. Para observar el desarrollo del hongo se midieron las variables severidad en hojas, brotes y tallos, así como la incidencia, para las primeras tres variables se les realizó análisis estadístico, no así para la incidencia debido a que la enfermedad se manifestó en el 100% de los tratamientos; con base al comportamiento del porcentaje de infección en hojas, brotes y tallos a través del tiempo, puede decirse que en general ninguno de los tratamientos logró evitar pero si reducir la enfermedad.

El desarrollo de (Phytophthora infestans), así como de otros hongos fitopatógenos, esta en estrecha relación con las condiciones del clima, por lo que es importante relacionar las variables climáticas que se presentaron en el área de estudio durante la realización de esta investigación; la bibliografía indica que las condiciones óptimas para el desarrollo y proliferación del hongo (Phytophthora infestans), son lluvias frecuentes, alta humedad relativa (90 a 100%) y rocío abundante.(31). La temperatura que prevaleció en el área durante el desarrollo de la investigación se ubicó entre 8 grados la mínima y 22 grados centígrados la máxima (Figuras 19, 20, 21 y 22 del anexo); en cuanto a precipitación las figuras 15 y 16 del anexo, indican que las condiciones de precipitación fueron adversas, lo que favorecía el rápido desarrollo y proliferación del hongo. La humedad relativa, se ubicó en el orden del 90% (Gráficas 23, 24 y 25); el brillo solar, el que tiene estrecha relación con la nubosidad, es otra condicionante para el desarrollo del hongo, ya que cuando las octas son menores de 3 se dice que hubo poca nubosidad y cuando las octas son mayores de 6 se dice que hubo una alta nubosidad (25), al haber mucha nubosidad, habrá menos intensidad lumínica; las condiciones que prevalecieron en el área de estudio fueron de alta nubosidad, tal como se observa en las gráficas 27,

28, 29 y 30 del anexo. Finalmente podemos indicar que todas las condiciones climáticas que se presentaron en el área de estudio fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad.

7.1 SEVERIDAD

7.1.1 Infección en Hojas

La enfermedad se presentó en todos los tratamientos, manifestándose la misma hasta los 35 días después de la siembra como se puede observar en la figura 2, las diferencias se marcaron a partir de la 4ta. lectura donde el porcentaje de infección fue elevándose, debido a las condiciones climáticas, haciéndose notar de una forma más clara la eficiencia ó ineficiencia de cada uno de los tratamientos, observándose que todas las concentraciones si efectuaron control en las primeras etapas del cultivo, pero una vez presente la enfermedad no son capaces de detener el avance de la infección lo que hace pensar que posiblemente su acción sea más del tipo preventivo, en última instancia el testigo químico obtuvo el menor porcentaje de infección en hojas con 6.29 % seguido por E. giganteum en concentraciones de 3.75 y 5.67 Kg/ha aplicándolas con un intervalo de 1 día y posteriormente encontramos la concentración de 5.67 Kg/ha, aplicándola con intervalo de 2 días.

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

El cuadro 28A del anexo muestra la existencia de diferencias significativas al 5% entre las concentraciones e intervalos de aplicación, por lo que se realizó una prueba de medias Tukey; no así para la interacción concentración X intervalo, puesto que entre la misma no se encontró diferencia significativa. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 13.48%.

El cuadro 4 muestra la prueba de medias Tukey (factorial) donde se puede observar que E. giganteum a una concentración de 5.67 Kg/ha y 3.75 Kg/ha obtuvieron el menor porcentaje de severidad en hojas con 15.21% y 15.40% respectivamente, ambos

comportándose estadísticamente igual y luego encontramos la concentración de 11.33 Kg/ha y 15.00% Kg/ha, con 16.97% y 19.10% respectivamente con los más altos porcentajes de infección, esto nos indica que al aumentar la concentración del extracto botánico vamos a obtener un menor control.

Con lo que respecta a los intervalos de aplicación se puede observar en el mismo cuadro 4 que el intervalo de 1 día es con el que se obtiene el menor porcentaje de infección en hojas con 14.32%.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en hojas (factorial).

Concentraciones				Intervalos de Aplicación		
Factor	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	19.10%	a	2	18.49%	a
a ₃	11.33 Kg/ha	16.97%	a	3	17.18%	a
a ₁	3.75 Kg/ha	15.40%	b	1	14.32%	b
a ₂	5.67 Kg/ha	15.21%	b			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

El cuadro 29A del anexo muestra que si existen diferencias significativas entre tratamientos para el porcentaje de infección en hojas incluyendo el testigo relativo y el testigo absoluto, además muestra un coeficiente de variación de 12.33%.

El cuadro 5 muestra la prueba de medias Tukey la cual demuestra como el testigo relativo (tratamiento químico) obtuvo el menor porcentaje de infección en hojas con un 6.29% seguido por el tratamiento botánico de *E. giganteum*, a una concentración de 3.75 Kg/ha y un porcentaje de infección de 10.11%, ambos aplicados con intervalo de 1 día; y por último encontramos el testigo absoluto, el que presenta el más alto porcentaje de infección con 41.13%.

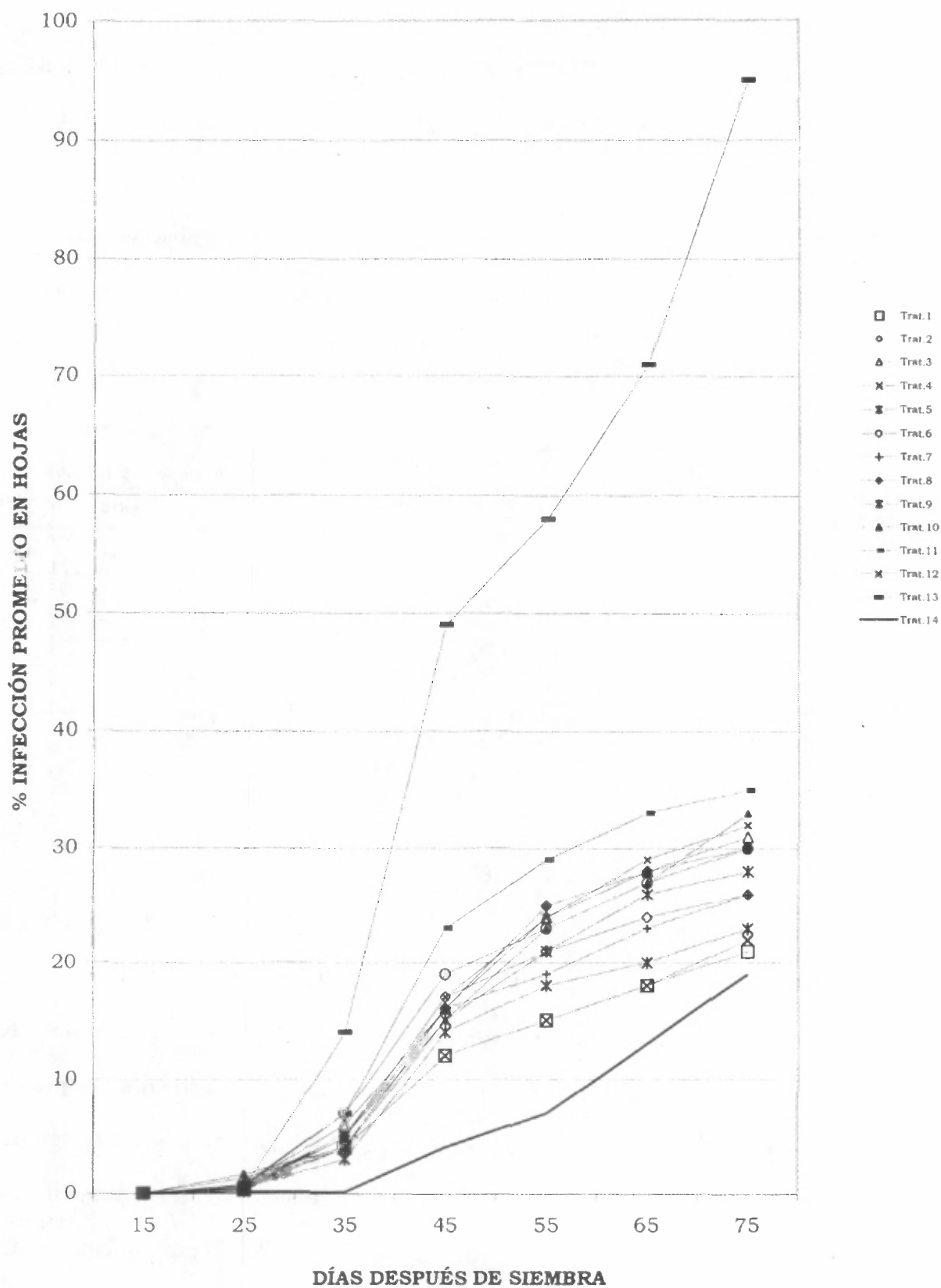


Figura 2.

Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) en hojas de papa.

Cuadro 5. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en hojas (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	41.13%	a
11	15.00 Kg/ha	2 días	18.22%	b
12	15.00 Kg/ha	3 días	15.47%	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	15.24%	b
3	3.75 Kg/ha	3 días	15.09%	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	14.94%	b
10	15.00 Kg/ha	1 día	14.81%	b
2	3.75 Kg/ha	2 días	14.31%	b
9	11.33 Kg/ha	3 días	13.70%	c
7	11.33 Kg/ha	1 día	12.83%	c
5	5.67 Kg/ha	2 días	11.36%	c
4	5.67 Kg/ha	1 día	10.32%	c
1	3.75 Kg/ha	1 día	10.11%	c
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	6.29%	d

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

La figura 2 muestra las curvas de severidad en hojas por tratamientos y se observa que la curva del testigo absoluto se encuentra por encima de las demás debido al ataque de *P. infestans*, mientras que las curvas del tratamiento químico (2.5 Kg/ha), el tratamiento 1 (3.75 Kg/ha), el tratamiento 4 (4.57 Kg/ha), el tratamiento 7 (11.33 Kg/ha) y el tratamiento 10 (15.00 Kg/ha), son los que presentan los menores porcentajes de infección, lo que refleja un claro dominio del tratamiento químico (2.5 Kg/ha) y el tratamiento 1 (3.75 Kg/ha.)

El comportamiento de la enfermedad a través del tiempo se puede observar en la figura 2, la cual fue elaborada en base a los datos del cuadro 42A del anexo. Esta figura indica que las curvas se muestran muy similares en su comportamiento a lo largo de todo el ciclo del cultivo, notándose que las concentraciones de 3.75 Kg/ha, 5.67 Kg/ha,

11.33 Kg/ha y 15.00 Kg/ha, si efectuaron control en las primeras etapas del cultivo, pero en general observamos que los intervalos de aplicación de 2 y 3 días son los que manifiestan mayor desarrollo de la enfermedad conforme avanza el tiempo, mientras que el intervalo de 1 día, el desarrollo de la enfermedad se observa disminuido (Figura 2).

Se puede observar que ninguno de los tratamientos logró evitar el desarrollo y proliferación del hongo, ya que la enfermedad fue en ascenso, mostrando el mayor incremento entre los 35 a 45 días (Figura 2), esto debido a que en este período hubieron precipitaciones todos los días, lo cual pudo haber provocado el lavado de los tratamientos, principalmente los botánicos que son aplicados en forma líquida a pesar de haberles aplicado adherentes.

7.1.2 Infección de Brotes

Al igual que en la infección en hojas se tuvo presencia de la enfermedad hasta los 35 días después de la siembra en todos los tratamientos, se registraron lecturas no significativas de infección en brotes debido a las condiciones climatológicas dadas en el lugar hasta los 35 días después de la siembra, seguidamente se obtuvieron porcentajes de infección más elevados en donde se pudo observar claramente que tratamiento iba respondiendo de mejor forma en el combate de tizón tardío, al igual que en la variable anterior el testigo químico a una concentración de 2.5 Kg/ha obtuvo el menor porcentaje de infección con 2.99%, seguido por E. giganteum a una concentración de 5.67Kg/ha y un porcentaje de infección de 3.96% aplicándolas ambas cada 1 día (Cuadro 7).

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

El cuadro 30A del anexo muestra el análisis de varianza, donde se muestra que hubo significancia al 5% entre las concentraciones e intervalos de aplicación por lo que se realizó una prueba de medias Tukey, se obtuvo un coeficiente de variación de 8.12%.

En el cuadro 6 se muestra la prueba múltiple de medias Tukey (factorial) la cual demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los productos botánicos y

podemos decir que E. giganteum a concentraciones de 5.67 Kg/ha y 11.33 Kg/ha obtuvieron los menores porcentajes de infección con 5.04% y 5.62% respectivamente.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en brotes (factorial).

Concentraciones				Intervalos de Aplicación		
Factor	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	6.70%	a	3	6.95%	a
a ₁	3.75 Kg/ha	6.53%	a	2	6.53%	a
a ₃	11.33 Kg/ha	5.62%	b	1	4.43%	b
a ₂	5.67 Kg/ha	5.04%	b			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Al observar el análisis para los intervalos de aplicación podemos observar que la aplicación a intervalo de 1 día es con el que se obtiene un menor porcentaje de infección en brotes con 4.43%.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

En el cuadro 31A del anexo se muestra que si hubo significancia entre tratamientos al 5% incluyendo los dos testigos el relativo y el absoluto; además se puede observar un coeficiente de variación de 7.67%.

En el cuadro 7 se muestra la prueba de medias Tukey (incluye testigos) la cual demuestra como el testigo relativo (tratamiento químico) obtuvo el menor porcentaje de infección en brotes con un 2.99%, seguido por el tratamiento botánico de E. giganteum, a una concentración de 5.67 Kg/ha con un porcentaje de infección de 3.96%, ambos aplicados con intervalo de 1 día y por último encontramos el testigo absoluto, que presenta el más alto porcentaje de infección con 23.25%.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en brotes (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	23.25%	a
11	15.00 Kg/ha	2 días	9.61%	b
3	3.75 Kg/ha	3 días	9.26%	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	6.80%	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	6.48%	b
12	15.00 Kg/ha	3 días	6.32%	c
2	3.75 Kg/ha	2 días	5.70%	d
9	11.33 Kg/ha	3 días	5.43%	d
7	11.33 Kg/ha	1 día	4.95%	d
1	3.75 Kg/ha	1 día	4.64%	d
5	5.67 Kg/ha	2 días	4.36%	d
10	15.00 Kg/ha	1 día	4.19%	d
4	5.67 Kg/ha	1 día	3.96%	e
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	2.99%	f

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

La figura 3 muestra las curvas de severidad en brotes, al igual que la severidad en hojas se observa que la curva del testigo absoluto se encuentra por encima de las demás debido al ataque de *P. infestans*, aunque el ataque fue menos severo, mientras que las curvas del tratamiento químico (2.5 Kg/ha), el tratamiento 1 (3.75 Kg/ha), el tratamiento 4 (4.57 Kg/ha), el tratamiento 7 (11.33 Kg/ha) y el tratamiento 10 (15.00 Kg/ha), son los que presentan los menores porcentajes de infección, lo que refleja un claro dominio del tratamiento químico (2.5 Kg/ha) y para esta variable el tratamiento 4 (5.67 Kg/ha.)

El comportamiento de la enfermedad a través del tiempo se puede ver en la figura 3, la cual fue elaborada en base a los datos del cuadro 43A del anexo, esta figura nos indica que para las diferentes concentraciones de *Equisetum giganteum* las curvas se muestran muy similares en el comportamiento, pero en general puede decirse que el tratamiento 13 (testigo absoluto) muestra los mayores incrementos del porcentaje de infección de tizón tardío, esto debido a que no se realizó ninguna aspersion, mientras que el tratamiento químico (2.5 Kg/ha) posee el menor porcentaje de infección. Es

conveniente señalar que algunos de los tratamientos se lograron mantener porcentajes bajos de infección a pesar de que las condiciones de precipitación fueron adversas.

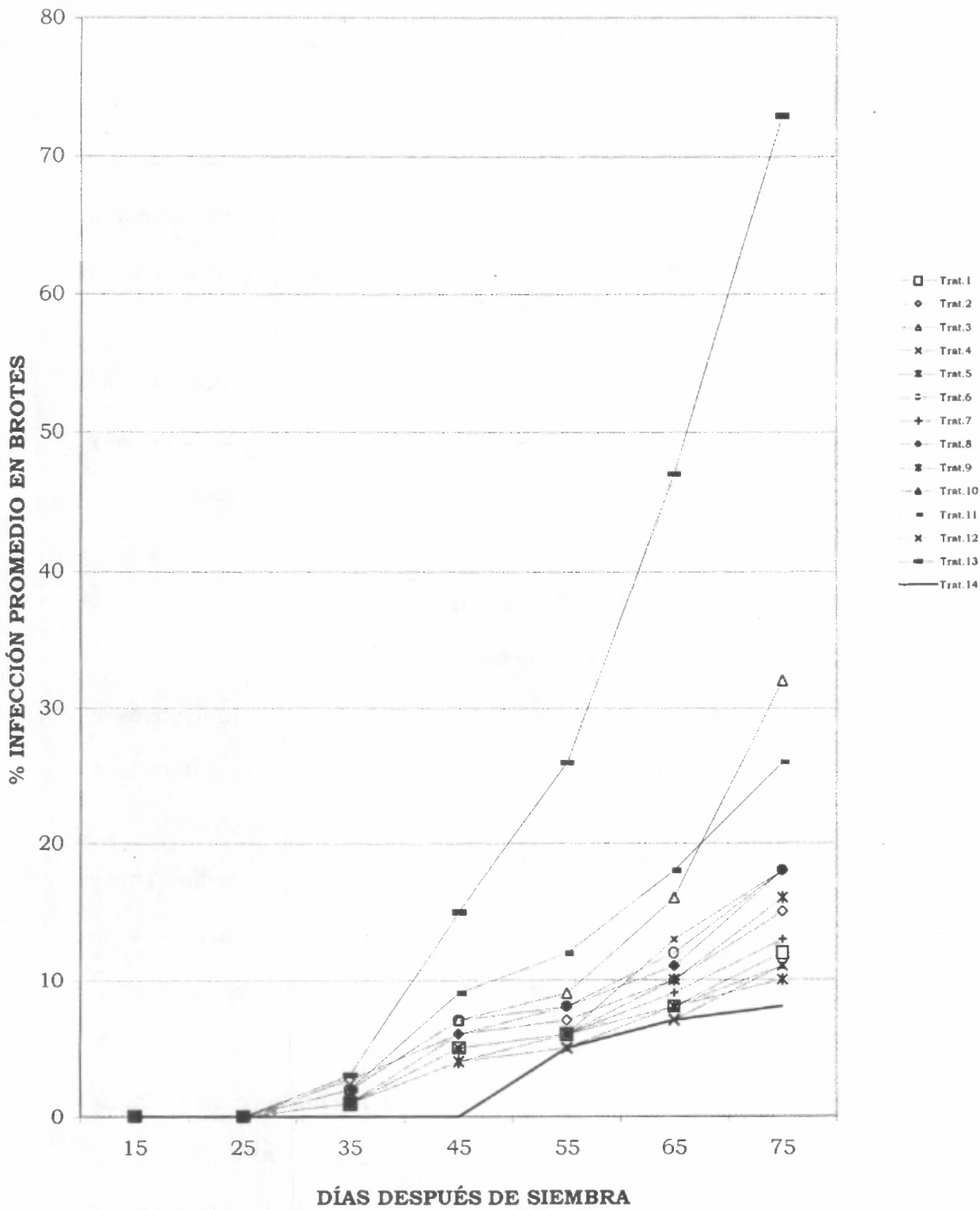


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) en brotes de papa.

7.1.3 Infección en Tallos

Al realizar de la primera a la tercera lectura después de la siembra no se presentó ninguna infección en tallos, fue hasta la cuarta lectura, 45 días después de la siembra donde se presentaron infecciones de 1-5 centímetros; 6-10 centímetros de longitud, mientras que la quinta lectura, 55 días después de la siembra, la longitud de las infecciones fueron de 6-10 centímetros y 11-15 centímetros, en la sexta lectura 65 días después de la siembra se presentaron infecciones de 11-15 centímetros y por último la séptima lectura, 75 días después de la siembra se presentaron infecciones mayores de 15 centímetros.

Para cada longitud de infección se realizó un análisis de varianza; en las longitudes de infección de 1-5 centímetros; 6-10 centímetros; 11-15 centímetros y mayores de 15 centímetros, el análisis de varianza fue para los datos promedio de las lecturas donde se presentaron estas longitudes de infección.

7.1.3.1 Infección en tallos de longitud de 1-5 centímetros:

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

Como se puede ver en el cuadro 32A del anexo existen diferencias significativas al 5% entre las concentraciones y los intervalos de aplicación, no así entre la interacción concentración X intervalo. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 15.90%.

En el cuadro 8 se encuentra el resumen de la prueba múltiple de medias Tukey (factorial) efectuada para las concentraciones e intervalos la cual muestra a la concentración de 3.75 Kg/ha con el menor porcentaje de infección con un 1.37%, seguido por la concentración de 11.33 Kg/ha con un porcentaje de infección de 1.71%, a esta última le sigue la concentración de 5.67 Kg/ha, con un porcentaje de infección de 1.50%, ambas son estadísticamente iguales y la concentración de 15.00 Kg/ha con el más alto porcentaje de infección. Además se puede observar en el cuadro 8 que el

intervalo de aplicación con el que se obtiene el menor porcentaje de infección en tallos de 1-5 centímetros es el aplicado cada 1 día.

Cuadro 8. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 1-5 centímetros de longitud (factorial).

Concentraciones				Intervalos de Aplicación		
Factor	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	2.56%	a	3	2.14%	a
a ₂	5.67 Kg/ha	1.50%	b	2	1.83%	a
a ₃	11.33 Kg/ha	1.71%	b	1	1.39%	b
a ₁	3.75 Kg/ha	1.37%	b			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

Como lo muestra del cuadro 33A del anexo existen diferencias significativas entre los tratamientos incluyendo los testigos relativo y absoluto por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 15.39%.

En el cuadro 9 se encuentra el resumen de la prueba múltiple de medias Tukey en el cual se puede observar que el testigo relativo (tratamiento químico) es el dominador de todos los tratamientos ya que obtuvo un porcentaje de infección de 3.00% aplicándolo a intervalo de 1 día y por último encontramos al testigo absoluto que obtuvo el más alto porcentaje de infección con un 18%.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 1-5 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	18.00%	a
12	15.00 Kg/ha	3 días	13.00%	a
11	15.00 Kg/ha	2 días	11.00%	a
6	5.67 Kg/ha	3 días	8.00%	b
3	3.75 Kg/ha	3 días	8.00%	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	7.00%	b
10	15.00 Kg/ha	1 día	6.00%	b
7	11.33 Kg/ha	1 día	6.00%	c
5	5.67 Kg/ha	2 días	6.00%	c
4	5.67 Kg/ha	1 día	6.00%	c
2	3.75 Kg/ha	2 días	5.00%	c
9	11.33 Kg/ha	3 días	5.00%	c
1	3.75 Kg/ha	1 día	4.00%	d
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	3.00%	d

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.1.3.2 Infección en tallos de longitud de 6-10 centímetros:

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

Como se puede ver en el cuadro 34A del anexo se procedió hacer un análisis de varianza para la longitud de infección de 6-10 centímetros de tallos, el cual nos indica que existen diferencias significativas entre las concentraciones e intervalos de aplicación, no así entre la interacción concentración X intervalo. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 8.69%.

En el cuadro 10 se muestra la prueba múltiple de medias Tukey (factorial) efectuada para las concentraciones e intervalos la cual indica que todos los tratamientos botánicos en las diferentes dosis aplicadas se comportaron estadísticamente igual.

Además se puede observar en el cuadro 10 que el intervalo de aplicación con el que se obtiene el menor porcentaje de infección en tallos de 6-10 centímetros es el aplicado cada 1 día con un 2.04%

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 6-10 centímetros de longitud (factorial).

Factor	Concentraciones			Intervalos de Aplicación		
	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	2.53%	a	3	2.50%	a
a ₂	5.67 Kg/ha	2.26%	a	2	2.25%	a
a ₃	11.33 Kg/ha	2.18%	a	1	2.04%	b
a ₁	3.75 Kg/ha	2.06%	a			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

Según el cuadro 35A del anexo existen diferencias significativas entre los tratamientos incluyendo los testigos relativo y absoluto por lo que procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 8.71%.

En el cuadro 11 se encuentra el resumen de la prueba múltiple de medias Tukey, en el cual podemos observar que el testigo químico es estadísticamente igual a los diferentes concentraciones evaluadas a excepción del testigo absoluto que representa el más alto porcentaje de infección.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 6-10 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	19.00%	a
12	15.00 Kg/ha	3 días	11.00%	b
3	3.75 Kg/ha	3 días	10.00%	b
11	15.00 Kg/ha	2 días	10.00%	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	10.00%	b
10	15.00 Kg/ha	1 día	10.00%	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	10.00%	b
9	11.33 Kg/ha	3 días	9.00%	b
2	3.75 Kg/ha	2 días	9.00%	b
5	5.67 Kg/ha	2 días	7.00%	b
4	5.67 Kg/ha	1 día	8.00%	b
1	3.75 Kg/ha	1 día	8.00%	b
7	11.33 Kg/ha	1 día	7.00%	b
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	7.00%	b

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.1.3.3 Infección en tallos de longitud de 11-15 centímetros:

A continuación se puede ver en el cuadro 36A del anexo, el análisis de varianza para la longitud de infección de 11-15 centímetros en tallos, el cual nos indica que existen diferencias significativas entre las concentraciones e intervalos de aplicación. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 7.88%.

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

En el cuadro 12 se encuentra el resumen de la prueba múltiple de medias Tukey (factorial) efectuada para las concentraciones e intervalos la cual muestra a la concentración de 11.33 Kg/ha y 5.67 Kg/ha, el menor porcentaje de infección, estos dos tratamientos son estadísticamente iguales, luego encontramos las concentraciones de 3.75 y 15.00 Kg/ha, ambas se comportaron estadísticamente igual. Además se puede ver en cuadro 12 que el intervalo de aplicación con el que se obtiene el menor porcentaje de infección en tallos de 11-15 centímetros es la aplicación de 1 día.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos de 11-15 centímetros de longitud (factorial).

Concentraciones				Intervalos de Aplicación		
Factor	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	4.55%	a	3	4.87%	a
a ₁	3.75 Kg/ha	4.06%	a	2	3.49%	b
a ₂	5.67 Kg/ha	3.42%	B	1	2.87%	c
a ₃	11.33 Kg/ha	2.94%	B			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

Como lo muestra el cuadro 37A del anexo existen diferencias significativas entre los tratamientos incluyendo los testigos relativo y absoluto por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 8.89%.

En el cuadro 13 se encuentra el resumen de la prueba múltiple de media Tukey en el cual se puede observar que el testigo relativo aplicado a una concentración de 2.50 Kg/ha y *E. giganteum*, a una concentración de 11.33Kg/ha ambas aplicadas a intervalos de 1 día, obtuvieron; los menores porcentajes de infección con un 5.00%, y por último encontramos al testigo absoluto con un 51.00% de infección.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para el la longitud de infección de 11-15 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	51.00%	a
3	3.75 Kg/ha	3 días	24.00%	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	24.00%	b
11	15.00 Kg/ha	2 días	20.00%	b
10	15.00 Kg/ha	1 día	18.00%	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	17.00%	b
12	15.00 Kg/ha	3 días	17.00%	b
9	11.33 Kg/ha	3 días	13.00%	c
1	3.75 Kg/ha	1 día	12.00%	c
2	3.75 Kg/ha	2 días	12.00%	d
4	5.67 Kg/ha	1 día	10.00%	e
5	5.67 Kg/ha	2 días	7.00%	f
7	11.33 Kg/ha	1 día	5.00%	g
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	5.00%	g

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.1.3.4 Infección en tallos de longitud mayores de 15 centímetros:

A. Discusión de resultados para el análisis factorial:

Como se puede ver en el cuadro 38A del anexo se procedió hacer un análisis de varianza para la longitud de infección, mayores de 15 centímetros en tallos, el cual nos indica que existen diferencias significativas entre las concentraciones e intervalos de aplicación. Además se obtuvo un coeficiente de variación de 7.58%.

En el cuadro 14 se puede observar la prueba múltiple de medias Tukey (factorial) efectuada para las concentraciones e intervalos, la cual muestra a la concentración de 11.33% Kg/ha con el menor porcentaje de infección. Además se puede observar en el Cuadro 14 que el intervalo de aplicación con la que se obtiene el menor porcentaje de infección en tallos mayores de 15 centímetros es la aplicada cada 1 día.

Cuadro 14. Prueba de Tukey para el porcentaje de infección en tallos mayores de 15 centímetros de longitud (factorial).

Concentraciones				Intervalos de Aplicación		
Factor	Concentración	Media	Grupo Tukey	Intervalo	Media	Grupo Tukey
a ₄	15.00 Kg/ha	9.41%	a	3	7.64%	a
a ₁	3.75 Kg/ha	4.89%	b	2	5.83%	b
a ₂	5.67 Kg/ha	4.60%	b	1	3.68%	c
a ₃	11.33 Kg/ha	3.96%	c			

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

B. Discusión de resultados incluyendo los testigos:

Como lo muestra el cuadro 39A del anexo existen diferencias significativas entre los tratamientos incluyendo los testigos relativo y absoluto por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variación de 7.23%.

En el cuadro 15 se observa la prueba múltiple de medias Tukey, el cual se puede observar que el tratamiento botánico aplicado a una concentración de 11.33 Kg/ha obtuvo el menor porcentaje de infección con un 8.00%, aplicada con un intervalo de 1 día, por último encontramos el testigo absoluto con el 83.00% de infección.

Cuadro 15. Prueba de Tukey para el la longitud de infección mayores de 15 centímetros en tallos de papa, para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media	Grupo Tukey
13	Testigo Absoluto	Ninguna	83.00%	a
11	15.00 Kg/ha	2 días	46.00%	b
12	15.00 Kg/ha	3 días	46.00%	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	34.00%	c
3	3.75 Kg/ha	3 días	26.00%	d
8	11.33 Kg/ha	2 días	23.00%	e
10	15.00 Kg/ha	1 día	20.00%	e
1	3.75 Kg/ha	1 día	18.00%	f
9	11.33 Kg/ha	3 días	14.00%	f
2	3.75 Kg/ha	2 días	14.00%	g
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	13.00%	h
4	5.67 Kg/ha	1 día	11.00%	h
5	5.67 Kg/ha	2 días	9.00%	i
7	11.33 Kg/ha	1 día	8.00%	i

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En las figuras de la 4 a la 7 nos muestra el comportamiento de tizón tardío en tallos de papa en sus diferentes longitudes, a través del tiempo; las cuales que al igual que en hojas y brotes, la enfermedad se fue incrementando, llegando el testigo absoluto a infecciones de 95% y con longitudes mayores de 15 centímetros lo que indica que las plantas se encontraban totalmente destruidas.

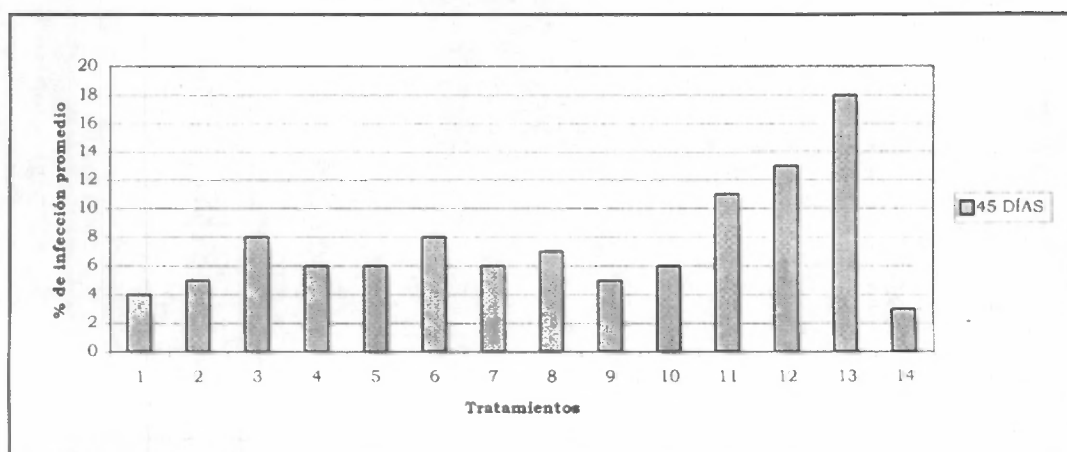


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 1-5 centímetros.

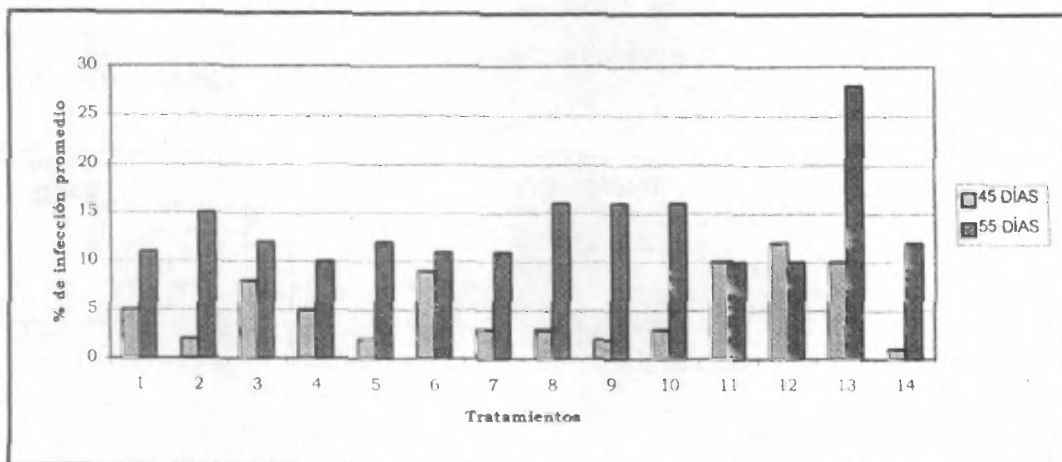


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 6-10 centímetros.

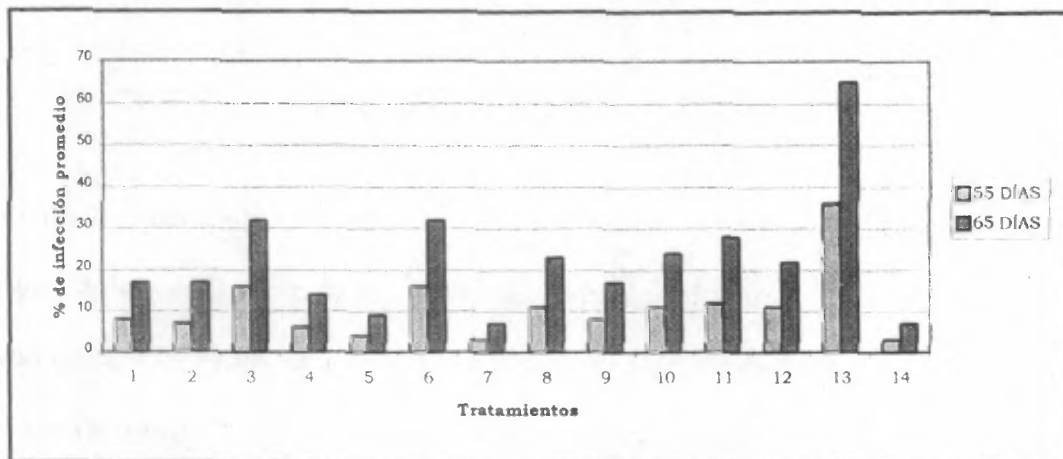


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud de 11-15 centímetros.

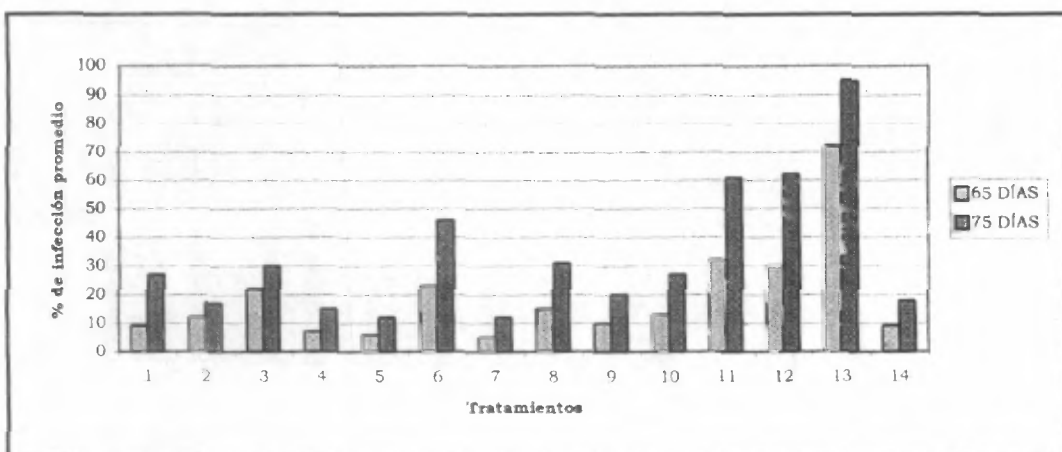


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de tizón tardío en tallos de papa de con longitud mayores de 15 centímetros.

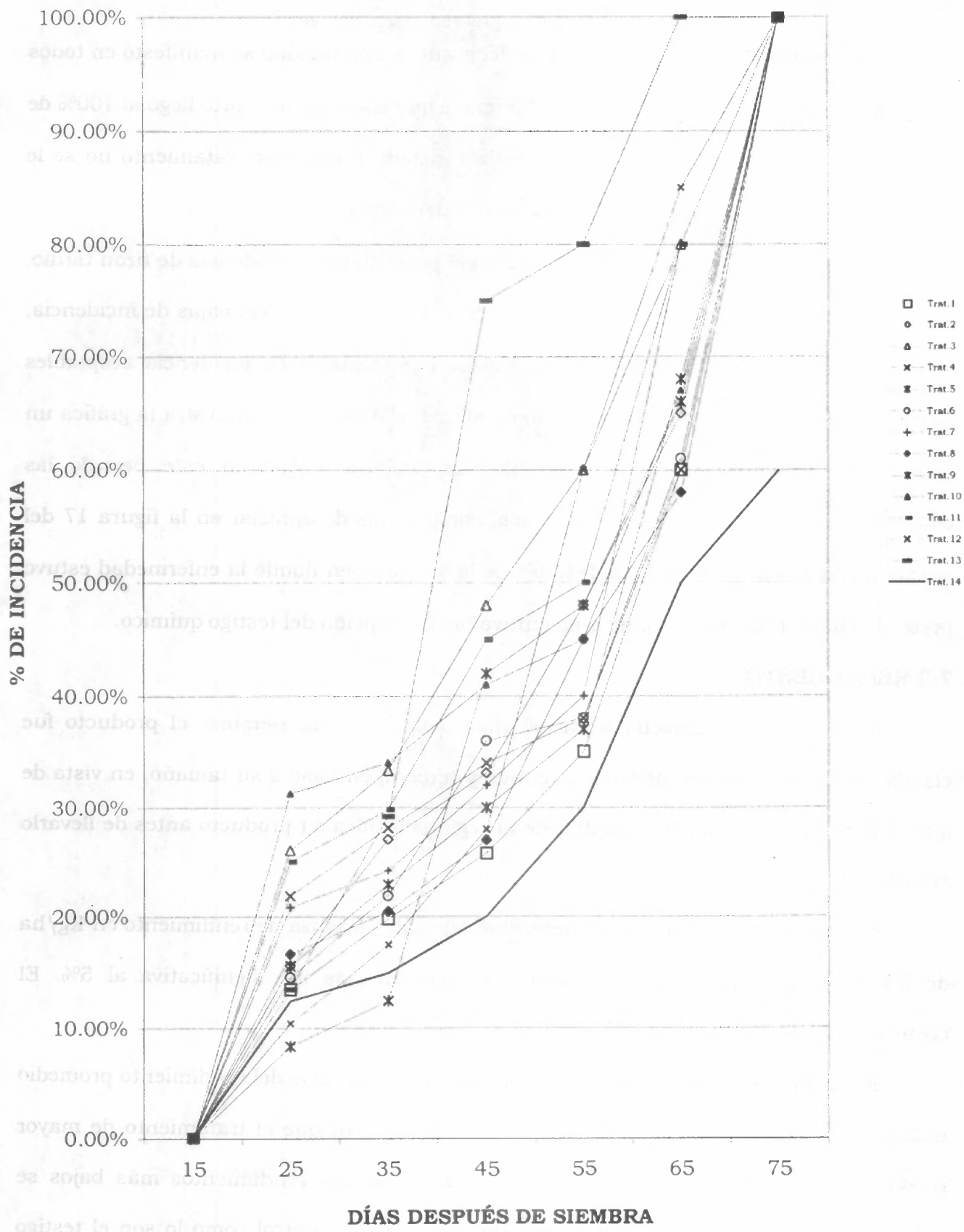


Figura 8. Porcentaje de incidencia de los 14 tratamientos evaluados.

7.2 INCIDENCIA

En cuanto a ésta variable podemos decir que la enfermedad se manifestó en todos los tratamientos evaluados, pero con la diferencia que el testigo absoluto llegó al 100% de infección a los 65 días después de la siembra, debido a que este tratamiento no se le aplicó funguicida para la prevención y el control del tizón tardío

Como se puede observar en la figura 8 del porcentaje de incidencia de tizón tardío, nos muestra como el tratamiento químico presenta las lecturas más bajas de incidencia, pero en general todos los tratamientos tuvieron porcentajes de incidencia aceptables hasta los 45 días después de la siembra; de allí para adelante nos muestra la gráfica un incremento bastante significativo de infección, debido a que en este período las condiciones climatológicas fueron adversas, como se puede apreciar en la figura 17 del anexo, hasta llegar a los 75 días después de la siembra, en donde la enfermedad estuvo presente en un 100% del total de área cultivada, a excepción del testigo químico.

7.3 RENDIMIENTO

Al realizarse la cosecha a los 90 días después de la siembra, el producto fue clasificado en 3 calidades (primera, segunda y tercera) en base a su tamaño, en vista de que es la manera en que el agricultor de la región clasifica su producto antes de llevarlo al mercado.

El cuadro 40A del anexo contiene el análisis de varianza de rendimiento en Kg/ha de los 14 tratamientos. La diferencia entre los mismos fue significativa al 5%. El coeficiente de variación fue de 16.07%.

El cuadro 16 incluye la comparación múltiple de medias del rendimiento promedio utilizando la prueba Tukey, en la cual se puede observar que el tratamiento de mayor rendimiento fue el testigo relativo con 25,515 Kg/ha, los rendimientos más bajos se obtuvieron de los tratamientos que efectuaron un menor control como lo son el testigo absoluto, con un rendimiento bastante bajo, la concentración de 3.75 Kg/ha aplicada

con intervalo de 3 días y la concentración de 15.00 Kg/ha aplicándola con intervalo de 2 días, en esta variable de respuesta como en las anteriores podemos ver que la influencia de los intervalos de aplicación de 1 día fueron los que presentaron rendimientos más altos, con respecto a los otros tratamientos, puesto que el hongo afecta reduciendo la fotosíntesis afectando el tamaño y desarrollo del fruto reduciendo su rendimiento. El efecto de los tratamientos sobre el rendimiento lo podemos observar en la Figura 9.

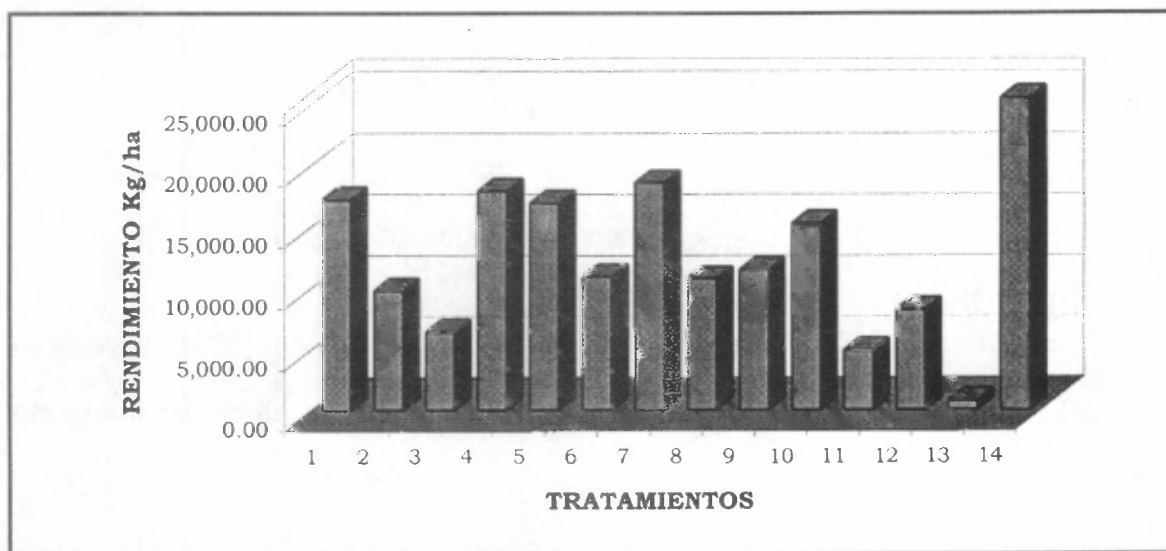


Figura 9. Rendimiento de los 14 tratamientos evaluados.

En esta variable de respuesta como en las otras anteriores se puede ver que la influencia de los intervalos de cada 1 día, es más eficiente con respecto a las aplicaciones de 2 y 3 días ; por lo que al disminuir el intervalo de aplicación podemos encontrar porcentajes menores de infección del hongo y por lo tanto mayores rendimientos.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para el rendimiento de papa en Kg/ha de los 14 tratamientos evaluados (incluye testigo).

Tratamiento	Concentración	Intervalo de Aplicación	Media Kg/ha	Grupo Tukey
14	Mancozeb 2.50 Kg/ha	1 día	25,515.00	a
1	3.75 Kg/ha	1 día	23,749.00	a
7	11.33 Kg/ha	1 día	18,583.25	a
4	5.67 Kg/ha	1 día	17,891.50	a
5	5.67 Kg/ha	2 días	16,943.25	a
10	15.00 Kg/ha	1 día	15,307.00	a
9	11.33 Kg/ha	3 días	11,526.50	b
6	5.67 Kg/ha	3 días	10,896.00	b
8	11.33 Kg/ha	2 días	10,771.00	b
2	3.75 Kg/ha	2 días	9,760.50	b
12	15.00 Kg/ha	3 días	8,186.75	b
3	3.75 Kg/ha	3 días	6,422.75	c
11	15.00 Kg/ha	2 días	4,910.75	d
13	Testigo Absoluto	Ninguna	756.00	e

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El estudio realizado en la presente investigación con Equisetum giganteum para controlar el hongo (Phytophthora infestans), muestra que el rendimiento fue sumamente alto para la concentración de 3.75 Kg/ha aplicándola a intervalo de 1 día, correspondiéndole un rendimiento de 23,749.00 Kg/ha, comparado con la investigación que fue realizada en la misma aldea, cuya concentración e intervalo de aplicación fue igual y cuyo rendimiento fue de 13,251.12 Kg/ha, esto debido a las diferentes condiciones climáticas que varían año con año.

La respuesta manifestada por el rendimiento indica que los productos naturales influyen considerablemente en el vigor de las plantas para estimular su productividad, aunque se vean afectadas por el patógeno en cierta medida; además es notoria la influencia del intervalo de aplicación, con respecto al absoluto (nada de aplicación), lo que indica que a medida que se reduce el intervalo de aplicación los productos botánicos son más eficientes, dicha respuesta es lógica considerando la naturaleza de los compuestos orgánicos que son biodegradables e incluso fotosensibles.

7.4 CONTRASTES ORTOGONALES

Como se puede ver en los cuadros 17 y 18 de contrastes ortogonales no existe diferencia significativa en la variable severidad en hojas y brotes tanto para los tratamientos naturales como para el tratamiento químico; presentando el tratamiento químico el menor porcentaje de severidad. Así mismo se muestra en los cuadros 17 y 18 para la misma variable en hojas y brotes que los tratamientos naturales con el tratamiento absoluto y el tratamiento químico con el tratamiento absoluto nos dio significancia entre tratamientos, obteniendo tanto los tratamientos naturales como el tratamiento químico los menores porcentajes de severidad, o sea que es necesario hacer el control que se encuentra ya establecido, esto lo confirma los resultados obtenidos ya que los tratamientos naturales y el tratamiento químico obtuvieron un menor porcentaje de severidad con respecto al tratamiento que no se aplicó ningún tipo de control.

Para la variable infección en tallos de 1-5 centímetros de longitud se puede ver en el cuadro 19 de contrastes ortogonales que no hubo diferencia significativa entre los diferentes grupos evaluados comportándose estadísticamente igual, pero presentando los tratamientos naturales y el tratamiento químico los menores porcentajes de infección.

Para la variable de infección de 6-10 centímetros de longitud, se puede observar en el cuadro 20 que hay significancia entre los diferentes grupos, presentando en primer lugar el tratamiento químico un menor porcentaje de severidad con respecto a los tratamientos naturales; los tratamientos naturales presentaron menores porcentajes de severidad con respecto al tratamiento absoluto, y del contraste que se hizo para evaluar el tratamiento químico con respecto al tratamiento absoluto; resultó mejor el tratamiento químico.

Para la variable severidad en tallos de longitud de 11-15 centímetros de longitud podemos observar en los cuadros 21 y 22 que del contraste entre los tratamientos naturales y el tratamiento químico no se encontró diferencias significativas pero

presentando menores porcentajes de infección el tratamiento químico. Así mismo nos indica el cuadro 21 y 22 para los distintos variables que hubo significancia entre tratamientos, obteniendo menores porcentajes de severidad los tratamientos naturales y el tratamiento químico con respecto al tratamiento que no se le aplicó ningún tipo de control.

Para la variable de severidad en tallos mayores de 15 centímetros de longitud, se puede ver en el cuadro 22, que de el grupo entre tratamientos naturales con tratamiento químico no hubo significancia, presentado el menor porcentaje de severidad el tratamiento químico, así mismo se puede ver que los tratamientos naturales y químicos hubo significancia entre tratamientos, obteniendo los menores porcentajes de infección los tratamientos naturales y el tratamiento químico. Para la variable de rendimiento se puede observar en el cuadro 23 que del contraste entre la sumatoria de los tratamientos naturales (154,947.00 Kg/ha) con el tratamiento químico (306,180.00 Kg/ha), no se encontraron diferencias significativas, comportándose estadísticamente igual, pero obteniendo mayor rendimiento el tratamiento químico, lo cual lo confirma el análisis económico. Entre el contraste que se hizo para evaluar los tratamientos naturales (154,947.00 Kg/ha), con el tratamiento absoluto (9,072.00 Kg/ha) no se encontró diferencias significativas, comportándose igual estadísticamente, pero obteniendo mayor rendimiento los productos naturales. Del contraste que se hizo para evaluar el tratamiento químico (25,515.00 Kg/ha) con el tratamiento absoluto (756.00 Kg/ha), si se encontró diferencia significativa, mostrando el tratamiento químico un rendimiento muy significativo con relación al tratamiento que no se le aplicó ningún tipo de control.

Se pudo determinar mediante la prueba de contrastes ortogonales que los tratamientos naturales obtuvieron los más altos porcentajes de incidencia y severidad con respecto al tratamiento químico; que obtuvo el mayor beneficio neto, pero los tratamientos naturales obtuvieron rendimientos bastante significativos presentando costos de inversión más bajos en comparación al tratamiento químico que además de aumentar la contaminación ambiental se maximizan los costos de inversión.

Cuadro 17. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en hojas.

Tratamiento Sub- Hipótesis	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 ₁₄	$\sum c_i y_i$	$(\sum c_i y_i)^2$	$r \sum c_i^2$	sc	g.l.	Ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	13.68	187.14	624.00	0.30	1.00	4.18	1.25 NS
\bar{y}	3.33	3.91	4.00	3.36	3.51	4.02	3.71	3.99	3.83	3.98	4.38	4.06	2.70							
Tratamiento	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							
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	-31.80	1,011.20	624.00	1.52	1.00	4.18	6.75 *
\bar{y}	3.33	3.91	4.00	3.36	3.51	4.02	3.71	3.99	3.83	3.98	4.38	4.06	6.49							
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																		
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00												-3.79	14.36	8.00	1.79	1.00	4.18	4.45 *
\bar{y}	2.70	6.49																		

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 18. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en brotes.

Tratamiento Sub- Hipótesis	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 ₁₄	$\sum c_i y_i$	$(\sum c_i y_i)^2$	$r \sum c_i^2$	sc	g.l.	ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	7.37	54.32	624.00	0.09	1.00	4.18	2.25 NS
\bar{y}	2.37	2.58	3.20	2.22	2.31	2.79	2.43	2.73	2.53	2.27	3.24	2.70	2.00							
Tratamiento	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							
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	-27.67	765.60	624.00	1.23	1.00	4.18	30.75 *
\bar{y}	2.37	2.58	3.20	2.22	2.31	2.79	2.43	2.73	2.53	2.27	3.24	2.70	4.92							
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																		
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00												-2.92	8.53	8.00	1.06	1.00	4.18	26.50 *
\bar{y}	2.00	4.92																		

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 19. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 1-5 centímetros de longitud.

Tratamiento Sub- Hipótesis	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 ₁₄	$\sum c_i y_i$	$(\sum c_i y_i)^2$	$r \sum c_i^2$	sc	g.l.	ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	9.03	81.54	624.00	0.13	1.00	4.18	0.79 NS
\bar{y}	2.14	2.41	2.95	2.55	2.62	3.10	2.65	2.80	2.36	2.67	3.49	3.77	2.04							
Tratamiento	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							
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	19.05	362.90	624.00	0.60	1.00	4.18	3.15 NS
\bar{y}	2.14	2.41	2.95	2.55	2.62	3.10	2.65	2.80	2.36	2.67	3.49	3.77	4.38							
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																		
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00												2.34	5.48	8.00	0.69	1.00	4.18	3.63 NS
\bar{y}	2.04	4.38																		

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 20. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 6-10 centímetros de longitud.

Tratamiento Sub-Hipótesis	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	T ₁₄	Σciyi.	(Σciyi.) ²	rΣci ²	sc	g.l.	ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	4.11	16.89	624.00	2.71	1.00	4.18	33.88 *
ȳ	2.96	3.11	3.46	2.97	2.98	3.36	2.93	3.29	3.22	3.10	3.42	3.51	2.85								
Tratamiento	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								
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	-17.37	301.72	624.00	0.48	1.00	4.18	6.00 *
ȳ	2.96	3.11	3.46	2.97	2.98	3.36	2.93	3.29	3.22	3.10	3.42	3.51	4.64								
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																			
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00													-1.79	3.20	8.00	0.40	1.00	4.18	5.00 *
ȳ	2.85	4.64																			

* = Significativo
NS = No Significativo

Cuadro 21. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos 11-15 centímetros de longitud.

Tratamiento Sub-Hipótesis	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	T ₁₄	Σciyi.	(Σciyi.) ²	rΣci ²	sc	g.l.	ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	17.45	304.50	624.00	0.48	1.00	4.18	3.69 NS
ȳ	3.66	3.60	5.00	3.33	2.80	4.99	2.52	4.27	3.69	4.33	4.55	4.23	2.46								
Tratamiento	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								
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	-38.83	1,507.76	624.00	2.42	1.00	4.18	18.62 *
ȳ	3.66	3.60	5.00	3.33	2.80	4.99	2.52	4.27	3.69	4.33	4.55	4.23	7.15								
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																			
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00													-4.69	22.00	8.00	2.75	1.00	4.18	21.15 *
ȳ	2.46	7.15																			

* = Significativo
NS = No Significativo

Cuadro 22. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: variable severidad en tallos mayores de 15 centímetros de longitud.

Tratamiento Sub-Hipótesis	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	T ₁₄	Σciyi.	(Σciyi.) ²	rΣci ²	sc	g.l.	ft	fc
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	8.00	64	624.00	0.10	1.00	4.18	0.77 NS
ȳ	4.22	3.93	5.21	3.53	3.16	5.97	3.15	4.90	4.03	4.62	6.88	6.85	3.71								
Tratamiento	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								
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00	-57.76	3,336.22	624.00	5.35	1.00	4.18	41.15 *
ȳ	4.22	3.93	5.21	3.53	3.16	5.97	3.15	4.90	4.03	4.62	6.88	6.85	9.19								
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																			
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00													-5.48	30.03	8.00	3.75	1.00	4.18	28.84 *
ȳ	3.71	9.19																			

* = Significativo
NS = No Significativo

Cuadro 23. Resumen de la prueba de contrastes ortogonales para los diferentes grupos: Variable; Rendimiento.

Tratamiento	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	T ₁₄	$\sum ciyi$	$(\sum ciyi)^2$	$r\sum ci^2$	sc	g.l.	ft	fc	
Sub-Hipótesis																						
Trat. Naturales = Trat. Químico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00		151,233.00	22871420290	624	36652917.14	1.00	4.18	3.57 NS	
	23749.00	9760.00	6423.00	17891.00	16943.00	10896.00	18583.00	10771.00	11526.00	15307.00	4911.00	8187.00	306180.00									
Tratamiento	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									
Trat. Naturales = Trat. Absoluto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-12.00		145,875.00	21279515620	624	34101787.85	1.00	4.18	3.32 NS	
	23749.00	9760.00	6423.00	17891.00	16943.00	10896.00	18583.00	10771.00	11526.00	15307.00	4911.00	8187.00	9072.00									
Tratamiento	T ₁₄	T ₁₃																				
Trat. Químico = Trat. Absoluto	1.00	-1.00													24,759.00	613008081	8	76626010.13	1.00	4.18	7.46 *	
	5515.00	756.00																				

* = Significativo
NS = No Significativo

7.5 ANALISIS ECONOMICO

Para este análisis se utilizó la técnica de presupuesto parcial y la tasa marginal de retorno, para obtener los costos variables por cada tratamiento se llevó un registro de precios, así mismo se realizó un sondeo en la zona estudiada para estimar el costo de cada tratamiento botánico; determinando que el costo de 1 Kilogramo de (Equisetum giganteum L.) es de Q.4.50, mientras que el Dithane M-45 vale Q.37.00 el Kilogramo.

Para obtener los beneficios brutos de campo se utilizaron los datos del cuadro 41A del anexo; multiplicando cada dato de rendimiento por el porcentaje de ajuste (0.95) y por el precio, de cada calidad de papa, luego se obtuvo el beneficio bruto de campo promedio de cada tratamiento.

El presupuesto parcial elaborado para la presente investigación se presenta en el cuadro 24.

Cuadro 24. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados, incluye testigo químico y absoluto.

TRATAMIENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rendimiento (kg/ha)	23,749.0	9,760.0	6,423.0	17,891.0	16,943.0	10,896.0	18,583.0	10,771.0	11,526.0	15,307.0	4,911.0	8,187.0	756.0	25,515.0
Rendimiento Ajustado (Kg/ha)	22,561.0	9,272.0	6,101.0	16,996.0	16,095.0	10,351.0	17,654.0	10,232.0	10,950.0	14,542.0	4,665.0	7,778.0	718.0	24,239.0
Beneficio Bruto (Q/ha)	35,639.0	11,636.0	7,268.0	26,692.0	22,320.0	13,223.0	28,246.0	14,152.0	14,482.0	23,429.0	6,488.0	11,189.0	569.0	38,573.0
Costo de Fungicida (Q/ha)	337.5	270.0	202.5	510.3	408.24	306.18	1,019.7	815.76	611.82	1,350.0	1,080.0	810.0	0.0	1,800.0
Costo de Mano de Obra (Q/ha)	1,913.6	1,530.88	1,148.16	1,913.6	1,530.88	1,148.16	1,913.6	1,530.88	1,148.16	1,913.6	1,530.88	1,148.16	0.0	1,913.6
Costo Acarreo Agua (Q/ha)	212.5	169.92	127.44	212.5	169.92	127.4	212.5	169.92	127.44	212.5	169.92	127.4	0.0	212.5
Alquiler de Bomba (Q/ha)	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	0.0	60.0
Total de Costos Variables (Q/ha)	2,523.6	2,030.8	1,538.1	2,696.4	2,169.04	1,641.78	3,205.8	2,576.56	1,947.42	3,536.1	2,840.8	2,145.6	0.0	3,986.1
Beneficio Neto (Q/ha)	33,115.4	9,605.2	5,729.9	23,995.6	20,150.96	11,581.22	25,040.2	11,575.44	12,534.58	19,892.9	3,647.2	9,043.4	569.0	34,586.9

En el cuadro 24 se presentan los resultados del presupuesto parcial elaborado, es conveniente anotar que, se consideró necesario ajustar los rendimientos en un 5% en vista de que el tratamientos 14 (Dithane M-45) presentó rendimientos superiores al obtenido por el agricultor. Así mismo los precios utilizados para obtener los beneficios brutos de campo fueron los siguientes: Q.2.00/Kg.; Q.1.00/Kg. y Q.0.50/Kg., para la papa de primera, segunda y tercera calidad respectivamente, precios a los cuales se restó el precio de transporte, envasado (costal de nylon) y arbitrio municipal que paga el productor.

En el cuadro 25 se presenta el análisis de dominancia para los 14 tratamientos evaluados, el cual muestra que los tratamientos 2,12,8,4,11,7 y 10 fueron dominados, debido a su bajo beneficio neto y alto costo variable.

Cuadro 25. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados, incluye testigo químico y absoluto.

TRATAMIENTOS		CONCENTRACIÓN	INTERVALO	TASA COSTO VARIABLE (Q/ha)	BENEFICIO NETO (Q/ha)	
13	Testigo Absoluto	Ninguna	Ninguna	0.00	569.00	ND
3	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	3 días	1,538.10	5,729.90	ND
6	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	3 días	1,641.78	11,581.22	ND
9	<u>Equisetum</u>	11.33 Kg/ha	3 días	1,947.42	12,534.58	ND
2	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	2 días	2,030.80	9,605.20	D
12	<u>Equisetum</u>	15.00 Kg/ha	3 días	2,145.60	9,043.40	D
5	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	2 días	2,169.64	20,150.96	ND
1	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	1 día	2,523.60	33,115.40	ND
8	<u>Equisetum</u>	11.33 Kg/ha	2 días	2,576.56	11,575.44	D
4	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	1 día	2,696.40	23,995.60	D
11	<u>Equisetum</u>	15.00 Kg/ha	2 días	2,840.80	3,647.20	D
7	<u>Equisetum</u>	11.33 Kg/ha	1 día	3,205.80	25,040.20	D
10	<u>Equisetum</u>	15.00 Kg/ha	1 día	3,536.10	19,892.90	D
14	Testigo Químico	2.50 Kg/ha	1 día	3,986.10	34,586.90	ND

ND = Tratamientos No Dominados.

D = Tratamientos Dominados.

En el cuadro 26 se presentan los resultados del cálculo de la tasa de retorno marginal para cada tratamiento no dominado. Al analizar el mismo se puede observar que el tratamiento número 14 (testigo químico) nos proporciona el mayor beneficio neto, pero a la vez una de las menores tasas de retorno marginal; mientras que el extracto de E. giganteum en una concentración de 5.67 Kg/ha aplicado a un intervalo de 3 días obtuvo la mayor tasa con 5,644%, lo cual indica que por cada quetzal invertido para este tratamiento se recuperara un total de Q.56.00 quetzales.

Cuadro 26. Tasa marginal de retorno para los tratamientos no dominados.

TRATA- MIENTOS		CONCENTRACIÓN	INTERVALO	TASA COSTO VARIABLE (Q/ha)	BENEFICIO NETO (Q/ha)	TASA DE RETORNO MARGINAL
13	Testigo Absoluto	Ninguna	Ninguna	0.0	569.0	
3	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	3 días	1,538.1	5,729.9	335.00%
6	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	3 días	1,641.7	11,581.2	5,644.00%
9	<u>Equisetum</u>	11.33 Kg/ha	3 días	1,947.4	12,534.5	312.00%
5	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	2 días	2,169.0	20,150.9	3,437.00%
1	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	1 día	2,523.6	33,115.4	3,656.00%
14	Testigo Químico	2.50 Kg/ha	1 día	3,986.1	34,586.9	100.00%

En la figura 10 se presenta la curva de beneficio neto y costos variables de los tratamientos evaluados, en esta figura se puede observar que los tratamientos dominados se encuentran por debajo de la curva.

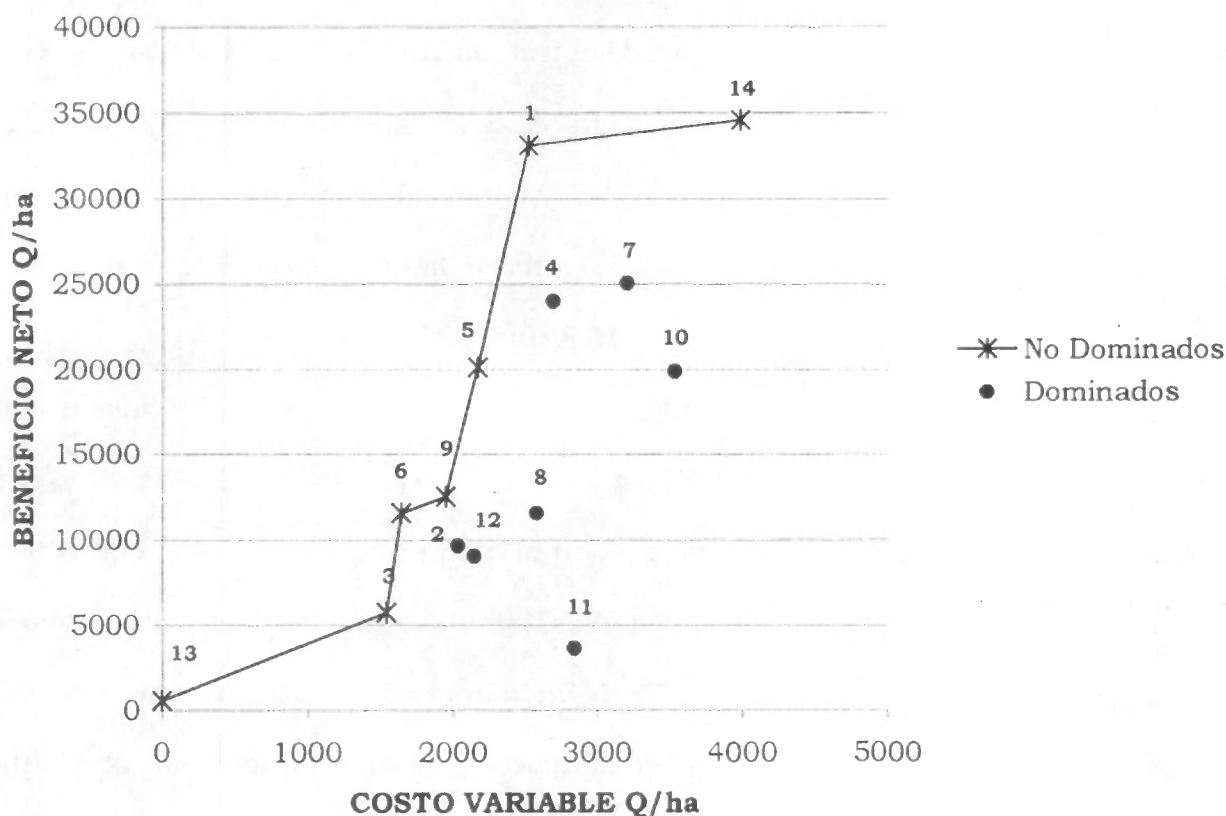


Figura 10. Curva de Beneficio neto para los 14 tratamientos en el control de tizón tardío en el cultivo de papa.

En el cuadro 27 se presenta el análisis utilizando residuos tomando como base una tasa mínima aceptable de 100%.

Cuadro 27. Análisis utilizando residuos de los tratamientos no dominados en el control de tizón tardío.

TRATAMIENTOS		CONCENTRACIÓN	INTERVALO	COSTO VARIABLE (Q/ha)	BENEFICIO NETO (Q/ha)	RETORNO REQUERIDO 100%	RESIDUO
13	Testigo Absoluto	Ninguna	Ninguna	0.0	569.0	0.00	569.00
3	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	3 días	1,538.1	5,729.9	1,538.10	4,191.80
6	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	3 días	1,641.7	11,581.2	1,641.78	9,939.44
9	<u>Equisetum</u>	11.33 Kg/ha	3 días	1,947.4	12,534.5	1,947.42	10,587.16
5	<u>Equisetum</u>	5.67 Kg/ha	2 días	2,169.0	20,150.9	2,169.04	17,981.92
1	<u>Equisetum</u>	3.75 Kg/ha	1 día	2,523.6	33,115.4	2,523.60	30,591.80
14	Testigo Químico	2.50 Kg/ha	1 día	3,986.1	34,586.9	3,986.10	30,600.80

En el cuadro 27 podemos observar que el tratamiento 14 (Dithane M-45), presenta el mayor residuo; y que no necesariamente el tratamiento con la mayor tasa de retorno marginal va poseer los mejores residuos, tal el caso del tratamiento 6 cuya tasa de retorno marginal es de 5,644.00% (Cuadro 26) y sus residuos son de Q.9,939.45(Cuadro 27); mientras que el tratamiento 9 su tasa de retorno marginal es de 312.00 (Cuadro 26) pero sus residuos son más altos Q.10,587.16 (Cuadro 27).

Así mismo el tratamiento donde se aplicó extracto de cola de caballo a una concentración de 3.75 Kg/ha a intervalo de 1 día, obtuvo un valor de 3,6456.00%, siendo estos beneficios significativos y a la vez presentan costos que varían bajos. Con el testigo químico se obtienen beneficios netos más altos, pero las mayores ganancias se obtienen cuando se aplica la concentración de 3.75 Kg/ha a intervalo de 1 día, de aquí se opte por utilizar esta concentración, pues esta no incrementa los costos que varían pero si tiene un incremento en benéfico neto significativo, tomando como resultado una mayor relación benéfico costo; en última instancia la conveniencia económica es uno de los factores que son tomados en cuenta para la aceptación o rechazo de una nueva tecnología.

8. CONCLUSIONES

1. Dentro de los tratamientos botánicos de E. giganteum en dosis equivalentes a 3.75 Kg/ha y 5.67 Kg/ha aplicadas a intervalos de 1 día resultaron ser las más efectivas en el control de P. infestans.
2. El tratamiento que mostró la tasa marginal más alta fue el extracto de E. giganteum aplicada a intervalo de 3 días, pero con un beneficio neto muy bajo.
3. El tratamiento donde se aplicó extracto de cola de caballo a una concentración de 3.75 Kg/ha a intervalo de 1 día obtuvo una tasa de retorno marginal de 3,656% y a la vez presenta un costo de producción bastante bajo en comparación con el tratamiento químico.
4. El tratamiento con mancozeb (Dithane M-45) demostró ser el más efectivo en el control de P. infestans.
5. El tratamiento con mancozeb (Dithane M-45) a intervalo de aplicación de 1 día y a una concentración de 2.5 Kg/ha, presenta el más alto rendimiento, el mayor beneficio neto, pero a la vez una de las menores tasas de retorno marginal.

9. RECOMENDACIONES

1. Como alternativa botánica para lograr contrarrestar el efecto de tizón tardío provocado por (P. infestans) y obtener aceptables rendimientos, se recomienda utilizar el producto natural de E. giganteum a concentraciones de 3.75 Kg/ha aplicada cada 1 día.
2. Como otra alternativa de control utilizar E. giganteum a una concentración de 5.67 Kg/ha a intervalos de 2 días.
3. Fomentar el uso de extractos botánicos ya que además de disminuir la contaminación ambiental producida por los químicos, las concentraciones evaluadas mostraron cierta efectividad en el control de P. infestans, y fueron más económicos comparadas con el tratamiento químico.
4. Se recomienda a las instituciones nacionales, capacitar a los agricultores en cuanto a que existen otra tecnologías para el cultivo de hortalizas y a utilizar la combinación de diferentes métodos de control de las enfermedades (control integrado), tales como: practicas culturales y control botánico.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1978. Plant pathology. New York, EE.UU., Academic Press. p. 115-143.
2. _____. 1986. Fitopatología. México, Limusa. 756 p.
3. _____. 1998. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. p. 110-113.
4. ARMIRA, P. et al, 1986. Caracterización y diagnóstico preliminar de la comunidad Sacsiguán, municipio de Sololá. Cursos Especializados de Sistemas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 113 p.
5. BALBACHAS, A.; RODRÍGUEZ, H. 1958. Las plantas curan. Argentina, La Verdad Presente. 537 p.
6. BARBERA, C. 1976. Pesticidas agrícolas. España, Omega. 569 p.
7. BIBLIOTECA PRACTICA agrícola y ganadera; fundamentos de la agricultura. Barcelona, España, De Vecchi. 173 p.
8. BOLAÑOS, S. 1994. Evaluación de aceptabilidad de la bodega rústica, para almacenamiento de semilla de papa, región I. Guatemala, s.n. p. 13.
9. CAB INTERNATIONAL. 1998. Crop protection; compendium, module 1. Inglaterra. 1 CD.
10. CABRERA L., M.V. 1993. Evaluación de tratamientos botánicos en el control de tizón tardío (Phytophthora infestans de Bary) en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad loman, en la aldea Sacsiguán, Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
11. CALI, E.A. 1986 Evaluación del control de tizón tardío (Phytophthora infestans de Bary) en dos localidades del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68 p.
12. CECCHINI, T. 1973. Enciclopedia de las hierbas y las plantas medicinales. Barcelona, España, De Vecchi. 173 p.

13. CIBA GEIGY. 1989. Ridomil MZ 72 WP; información técnica. Basilea, Suiza. 17 p.
14. CIMMYT. 1988. Programa de economía: formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México. 79 p.
15. DUPONT, M.; SOLORZANO, R.; CASTILLO, H. 1992. Preparación y uso de plaguicidas naturales. Guatemala, ALTERTEC. 56 p.
16. FAO (Italia). 1986. Manual para patólogos vegetales. Londres, Inglaterra, Lampport Gilbert Printer. 153 p.
17. FERNÁNDEZ V., M.V. 1952. Introducción a la fitopatología. 2 ed. Buenos Aires. Rivadavia. 785 p.
18. FERRATE, L.A. 1987. Situación ambiental en Guatemala. Guatemala, Asociación de Investigación y Estudios Sociales. 16 p.
19. GOMEZ GOMEZ, M.J. 1993. Evaluación del efecto funguicida de cola de caballo (Equisetum arvense L.), en arveja china (Pisum sativum) y su acción sobre el rendimiento. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.
20. GONZALEZ, L.C. 1989. Introducción a la fitopatología. San José, C. R., IICA. 156 p.
21. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS. 1984. Curso internacional de control integrado de plagas. Guatemala. tomo 2, 200 p.
22. _____. 1990. Almacenamiento de papa para semilla. Guatemala, ICTA. Folleto Técnico no. 26. 54 p.
23. _____. 1993. Determinación de áreas homogéneas y selección de polos de desarrollo. Quetzaltenango, Guatemala. 40 p.
24. _____. 1996. El cultivo de la papa en Guatemala. Guatemala. 80 p.
25. GUATEMALA. INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA. 1986. Caracterización de las heladas en Guatemala. Guatemala. 43 p.
26. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. s.f. Formas de la tierra y regiones fisiográficas. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
27. _____. 1977. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.

28. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.
29. GUDIÉL, V.M. 1987. Manual agrícola Superb. 6 ed. Guatemala, Productos Superb. 256 p.
30. GUIA PRACTICA ilustrada de las plantas medicinales. 1980. Trad. por Marcelo Conian. Barcelona, España, Blume. 62 p.
31. JARAMILLO, A. 1980. La papa, control de enfermedades y plagas en América Latina. Estados Unidos, Rohm and Haas. 40 p.
32. QUIXTAN GOMEZ, F.B. 1992. Evaluación de tres productos vegetales y un producto químico en el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) en tomate (*Lycopersicon esculentum*) en caserío Chocox, Uspantan, Quiché. EPS. Investigación inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56 p.
33. REYES, C. 1981. Diseños experimentales aplicados. México, Trillas. 5 p.
34. ROBBINS, W.W.; WEIR, T.E.; STOCKIN, C.R. 1976. Botánica. México, Limusa. p. 511-512.
35. ROMERO, S. 1988. Hongos fitopatógenos. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 347 p.
36. SARASOLA, A.; ROCA DE SARASOLA, M. 1975. Curso moderno de fitopatología. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 4 tomos.
37. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
38. SNOCK, H. 1984. Naturgamasse pflanzenschutz mittel pietschverlang. Alemania, Stuttgart. 134 p.
39. SOLÓRZANO GONZALEZ, R. 1989. Alternativa técnica. Guatemala, ALTERTEC. 1 p.
40. STOLLZE, R.G. 1983. Ferns and fern allies of Guatemala. Chicago, EE.UU., Field Museum of Natural History, Fieldiana Botany. pt. 2, 522 p.

41. STOOL, G. 1983. Control natural de cultivos en zonas tropicales; enfoque ecológico. Momostenango, Totonicapán, Guatemala, s.n. 304 p.
42. SUTTON, B.; HARMON, P. 1979. Fundamentos de ecología. México, Limusa. p. 132-133.
43. THOMSON, W.T. 1979. Agricultural chemical fungicides. EE.UU., s.n. p. 179-322.
44. VILLAGRAN, C.R. 1984. Evaluación agroeconómica de dos variedades de papa (Solanum tuberosum) Tollocan y Loman a nivel de agricultores en el altiplano central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 8 p.

V. Co. Rolando Parra



11. ANEXO

Cuadro 28A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección en hojas (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	2.39675833			
Concentraciones	3	4.04644167	1.34881389	4.88	0.0064 *
Intervalos	2	2.47081667	1.23540833	4.47	0.0192 *
Conc. X Inter.	6	3.02573333	0.50428889	1.82	0.1246 NS
Error	33	9.12104167	0.27639520		
Total	47	21.06079167			

C.V. = 13.48%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 29A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección en hojas (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	2.19905	0.73301667		
Tratamientos	13	41.65524286	3.2044945	13.17	0.0001 *
Error	39	9.4885	0.24329487		
Total	55	53.34279286			

C.V. = 12.33%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 30A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección en brotes (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.562825	0.18760833		
Concentraciones	3	0.70510833	0.23503611	5.22	0.0046 *
Intervalos	2	2.07342917	1.03671458	23.02	0.0001 *
Conc. X Inter.	6	2.18515417	0.36419236	8.09	0.0001 *
Error	33	1.486075	0.04503258		
Total	47	7.01259167			

C.V. = 8.12%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 31A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección en brotes (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.46624286	0.15541429		
Tratamientos	13	27.02483571	2.07883352	47.24	0.0001 *
Error	39	1.71640714	0.04401044		
Total	55	29.20748571			

C.V. = 7.67%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 32A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 1-5 centímetros en tallos (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.502575			
Concentraciones	3	4.17584167	1.39194722	7.12	0.0008 *
Intervalos	2	2.29270417	1.14635208	5.87	0.0066 *
Conc. X Inter.	6	2.55504583	0.42584097	2.18	0.0702 NS
Error	33	6.448225	0.19540076		
Total	47	15.97439167			

C.V. = 15.90%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 33A. Análisis de varianza para la longitud de infección, 1-5 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.32114821	0.10704940		
Tratamientos	13	21.19970893	1.63074684	8.53	0.0001 *
Error	39	7.45822679	0.19123658		
Total	55	28.97908393			

C.V. = 15.39%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 34A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 6-10 centímetros en tallos (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.54606667	0.18202222		
Concentraciones	3	0.67111667	0.22370556	2.88	0.0508 *
Intervalos	2	0.96450417	0.48225208	6.20	0.0052 *
Conc. X Inter.	6	0.34029583	0.05671597	0.73	0.6294 NS
Error	33	2.56648333	0.07777222		
Total	47	5.08846667			

C.V.= 8.69%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 35A. Análisis de varianza para la longitud de infección, 6-10 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.6147	0.2049		
Tratamientos	13	10.32242143	0.79403242	9.71	0.0001 *
Error	39	3.18785	0.081739743		
Total	55	14.12497143			

C.V.= 8.71%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 36A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección, de 11-15 centímetros en tallos (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.70355	0.23451667		
Concentraciones	3	5.58645	1.86215	19.57	0.0001 *
Intervalos	2	8.55010417	4.27505208	44.93	0.0001 *
Conc. X Inter.	6	13.48941250	2.24823542	23.63	0.0001 *
Error	33	3.14015	0.09515606		
Total	47	31.46966667			

C.V.= 7.88%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 37A. Análisis de varianza para la longitud de infección, 11-15 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	1.05529107	0.35176369	2.73	
Tratamientos	13	77.00790893	5.92368530	45.90	0.0001 *
Error	39	5.03288393	0.12904831		
Total	55	83.09608393			

C.V. = 8.89%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 38A. Análisis de varianza para el porcentaje de infección, mayores de 15 centímetros en tallos (Factorial)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.39228958	0.13076319		
Concentraciones	3	33.09892292	11.03297431	86.62	0.0001 *
Intervalos	2	21.35821667	10.67910833	83.84	0.0001 *
Conc. X Inter.	6	20.43843333	3.40640556	26.74	0.0001 *
Error	33	4.20338542	0.12737532		
Total	47	79.49124792			

C.V. = 7.58%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 39A. Análisis de varianza para la longitud de infección, mayores de 15 centímetros en tallos de papa, de los 14 tratamientos en el control de tizón tardío (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	0.28480536	0.09493512		
Tratamientos	13	155.79185893	11.98398915	93.58	0.0001 *
Error	39	4.99461964	0.12806717		
Total	55	161.07128393			

C.V. = 7.23%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 40A. Análisis de varianza para el rendimiento de papa en Kg/ha, de los tratamientos evaluados (incluye testigos)

FV	GL	SC	CM	FC	PROBABILIDAD
Bloques	3	9,383,002,052.00	3,127,667,351.00		
Tratamientos	13	2,607,755,698.00	200,596,592.20	19.52	1.95 *
Error	39	400,793,742.00	10,276,762.62		
Total	55	2,242,764,518.00			

C.V.= 16.07%

* = Significativo

NS = No Significativo

Cuadro 41A. Rendimiento de papa por calidades Kg/ha obtenido en los 14 tratamientos para el control de tizón tardío

R I				R II		
TRATAMIENTO	1era.	2da.	3ra	1era.	2da.	3ra
1	12,600	5,038	2,520	17,640	10,080	2,011
2	2,520	3,777	1,260	2,011	2,520	4,032
3	2,520	2,011	1,005	2,011	2,520	4,032
4	10,080	5,038	7,056	12,600	4,536	3,024
5	6,300	4,783	4,283	9,576	6,300	2,011
6	8,816	5,038	2,520	3,024	3,777	5,292
7	8,816	3,777	1,260	15,624	4,536	4,032
8	3,777	3,024	756	6,804	7,560	1,005
9	5,038	4,536	4,284	6,300	4,536	2,772
10	10,080	5,038	4,283	9,576	3,024	1,005
11	2,011	1,512	504	1,764	2,011	756
12	1,260	2,011	756	3,024	3,024	3,777
13	0	252	252	0	504	252
14	15,120	7,560	1,260	13,608	6,048	504

R III				R VI		
1	2	3	4	1	2	3
1	17,136	7,560	1,512	11,340	6,300	1,260
2	3,024	3,024	2,011	7,056	5,796	2,011
3	2,520	3,024	1,512	1,260	3,024	252
4	12,600	1,260	756	11,340	2,520	756
5	8,816	7,056	2,520	6,300	3,024	6,804
6	2,520	3,024	1,005	3,024	3,780	1,764
7	12,600	1,260	1,764	12,600	5,040	3,024
8	3,024	3,276	252	5,038	6,300	2,268
9	3,024	3,024	2,011	5,544	4,032	1,005
10	11,340	5,038	504	9,576	1,260	504
11	3,777	2,520	504	1,260	2,520	504
12	1,260	1,512	504	12,096	2,011	1,512
13	0	504	252	0	504	504
14	17,640	11,592	1,512	17,136	7,056	3,024

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 42A. Datos de campo de las 7 lecturas y el promedio de tratamientos del porcentaje de infección de tizón tardío en hojas de papa

R I										R II								
Trat.	1era.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.	7ma.	Totales	y	1era.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.	7ma.	Totales	y
1	0.00	1.50	5.25	12.45	16.00	19.00	22.00	76.20	10.88	0.00	0.00	4.20	13.82	16.00	20.00	24.00	78.02	11.15
2	0.00	1.08	5.83	18.16	24.00	22.50	24.00	95.57	13.65	0.00	1.17	7.21	21.50	24.00	28.00	29.00	110.88	15.84
3	0.00	2.33	10.50	26.16	30.00	32.00	35.00	135.93	19.42	0.00	0.50	2.91	11.00	18.00	23.00	28.00	83.41	11.92
4	0.00	1.25	4.29	11.00	14.00	16.00	20.00	66.54	9.51	0.00	1.50	2.62	12.00	14.00	16.00	20.00	66.12	9.45
5	0.00	2.00	3.20	16.24	20.50	22.00	25.00	88.94	12.71	0.00	0.00	2.20	9.00	14.60	18.00	22.00	65.80	9.40
6	0.00	1.58	11.12	24.00	26.40	30.00	32.00	125.10	17.87	0.00	0.75	5.20	21.00	22.74	28.00	33.00	110.69	15.81
7	0.00	2.83	5.08	20.00	23.00	28.00	28.00	106.91	15.27	0.00	2.50	3.91	15.00	17.00	21.00	24.00	83.41	11.92
8	0.00	1.00	6.95	20.00	24.00	28.00	30.00	109.95	15.71	0.00	0.92	4.12	18.00	26.00	30.00	30.00	109.04	15.58
9	0.00	0.83	6.70	16.00	24.00	28.00	30.00	105.53	15.07	0.00	0.00	3.08	14.00	18.00	22.00	24.00	81.08	11.58
10	0.00	1.58	4.04	16.00	20.00	24.00	30.00	95.62	13.66	0.00	3.08	0.62	12.90	25.00	29.00	35.00	105.60	15.08
11	0.00	1.75	13.00	31.00	34.00	36.00	38.00	153.75	21.96	0.00	0.50	3.79	20.00	24.00	28.00	33.00	109.29	15.61
12	0.00	0.92	7.20	20.00	24.00	30.00	35.00	117.12	16.73	0.00	0.67	3.00	14.00	22.00	26.00	30.00	95.67	13.67
13	0.00	1.08	19.00	60.00	65.00	70.00	90.00	305.08	43.58	0.00	0.00	15.00	45.00	49.00	65.00	100.00	274.00	39.14
14	0.00	0.33	0.25	4.00	7.00	12.00	20.00	43.58	6.23	0.00	0.25	0.33	6.00	10.00	16.00	22.00	54.58	7.80

R I										R II								
1	0.00	0.00	4.12	13.00	15.00	17.00	20.00	69.12	9.87	0.00	0.00	2.33	9.24	15.00	15.00	18.00	59.57	8.51
2	0.00	0.00	6.37	18.00	22.00	26.00	28.00	100.37	14.34	0.00	0.00	2.62	10.00	15.00	18.00	22.00	67.62	9.66
3	0.00	0.00	7.37	20.00	24.00	28.00	30.00	109.37	15.62	0.00	0.00	2.70	8.00	25.00	28.00	30.00	93.70	13.39
4	0.00	0.00	5.25	14.66	18.00	20.00	28.00	85.91	12.27	0.00	0.00	3.70	10.50	16.00	20.00	20.00	70.20	10.03
5	0.00	0.00	1.66	14.00	16.00	19.00	22.00	72.66	10.38	0.00	0.00	6.54	16.00	20.00	23.00	25.00	90.54	12.93
6	0.00	0.00	7.37	21.00	25.00	25.00	28.00	106.37	15.19	0.00	0.00	3.62	10.00	16.90	26.00	28.00	84.52	12.07
7	0.00	0.00	6.62	18.00	20.00	24.00	28.00	96.62	13.80	0.00	0.00	2.20	10.00	16.00	20.00	24.00	72.20	10.31
8	0.00	1.00	5.33	18.00	28.00	28.00	33.00	113.33	16.19	0.00	0.00	2.00	8.00	22.00	26.00	28.00	86.00	12.29
9	0.00	0.00	5.79	18.00	24.00	30.00	30.00	107.79	15.40	0.00	0.00	3.17	14.00	18.00	24.00	30.00	89.17	12.74
10	0.00	1.17	5.87	17.00	23.00	28.00	34.00	109.04	15.58	0.00	0.83	5.41	14.00	24.00	28.00	32.00	104.24	14.89
11	0.00	0.00	7.87	22.00	28.00	33.00	35.00	125.87	17.98	0.00	0.58	2.58	18.00	30.00	35.00	35.00	121.16	17.31
12	0.00	0.00	8.70	24.00	26.00	30.00	33.00	121.70	17.39	0.00	0.00	2.70	12.00	24.00	30.00	30.00	98.70	14.10
13	0.00	1.00	12.50	40.00	60.00	73.00	100.00	286.50	40.93	0.00	0.00	11.00	50.00	60.00	75.00	90.00	286.00	40.86
14	0.00	0.00	0.00	3.00	5.00	14.00	12.00	34.00	4.86	0.00	0.00	0.00	5.00	8.00	10.00	15.00	38.00	5.43

R: Repetición
I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 43A. Datos de campo de la 7 lecturas y el promedio de tratamientos del porcentaje de infección de tizón tardío en brotes de papa

R I									
Trat.	1era.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.	7ma.	Totales	y
1	0.00	0.00	0.88	5.37	6.00	7.90	11.06	31.21	4.46
2	0.00	0.00	1.75	5.04	5.88	9.80	13.72	36.19	5.17
3	0.00	0.25	3.46	13.26	13.14	22.50	31.22	83.83	11.98
4	0.00	0.04	1.04	4.23	4.62	7.70	12.25	29.88	4.27
5	0.00	0.00	0.96	5.25	6.12	7.70	10.78	30.81	4.40
6	0.00	0.13	3.08	5.76	6.87	11.65	16.31	43.80	6.26
7	0.00	0.00	1.38	6.60	6.87	11.45	16.03	42.33	6.05
8	0.00	0.04	2.21	8.37	9.50	14.80	21.00	55.92	7.99
9	0.00	0.00	1.67	6.36	8.84	11.05	15.47	43.39	6.20
10	0.00	0.00	0.29	4.35	6.41	8.75	12.25	32.05	4.58
11	0.00	0.13	3.54	13.89	17.05	24.40	34.16	93.17	13.31
12	0.00	0.08	2.21	7.26	8.55	13.55	19.50	51.15	7.31
13	0.00	0.13	4.46	18.72	26.00	51.00	70.50	170.81	24.40
14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	5.00	7.50	16.00	2.29

R II									
1era.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.	7ma.	Totales	y	
0.00	0.00	2.71	6.12	6.24	9.75	14.56	39.38	5.63	
0.00	0.00	2.33	11.25	6.51	10.65	16.03	46.77	6.68	
0.00	0.00	0.58	3.00	4.00	15.00	37.50	60.08	8.58	
0.00	0.04	0.33	3.24	3.36	5.75	7.84	20.56	2.94	
0.00	0.00	0.58	3.00	3.36	5.60	8.05	20.59	2.94	
0.00	0.00	2.46	9.00	10.75	14.60	19.53	56.34	8.05	
0.00	0.00	1.75	6.60	7.50	11.00	15.47	42.32	6.05	
0.00	0.00	1.42	6.12	7.75	10.65	16.03	41.97	5.99	
0.00	0.04	0.33	3.00	4.60	7.50	19.53	34.96	4.99	
0.00	0.00	0.00	3.24	3.50	5.00	7.49	19.23	2.75	
0.00	0.00	1.42	5.76	7.60	12.50	20.19	47.47	6.78	
0.00	0.00	0.50	3.24	4.38	12.50	18.70	39.32	5.62	
0.00	0.00	2.33	13.50	22.50	45.00	65.00	148.33	21.19	
0.00	0.00	0.00	0.00	4.75	7.80	8.90	21.45	3.06	

R I									
1	0.00	0.00	0.96	6.00	6.89	8.30	11.90	34.05	4.86
2	0.00	0.00	1.63	7.00	7.50	12.25	17.22	45.60	6.51
3	0.00	0.00	2.08	7.50	9.00	13.35	28.00	59.93	8.56
4	0.00	0.00	1.21	5.49	6.25	8.75	12.25	33.95	4.85
5	0.00	0.00	0.04	7.35	8.00	9.60	7.56	32.55	4.65
6	0.00	0.00	2.04	8.49	8.49	14.20	19.81	53.03	7.58
7	0.00	0.00	1.38	4.86	4.62	7.50	11.50	29.86	4.27
8	0.00	0.00	1.17	7.38	9.50	12.70	17.78	48.53	6.93
9	0.00	0.00	0.96	5.04	6.72	11.45	16.31	40.48	5.78
10	0.00	0.00	1.04	4.86	5.67	8.75	11.69	32.01	4.57
11	0.00	0.00	3.00	9.87	12.25	17.50	24.50	67.12	9.59
12	0.00	0.00	1.92	6.39	7.74	14.00	16.31	46.36	6.62
13	0.00	0.00	3.33	15.50	30.00	40.60	80.00	169.43	24.20
14	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	7.00	7.50	20.50	2.93

R II									
0.00	0.00	0.75	3.99	4.62	6.65	9.31	25.32	3.62	
0.00	0.00	1.00	4.14	4.14	7.25	14.49	31.02	4.43	
0.00	0.00	0.79	3.00	8.50	13.15	30.00	55.44	7.92	
0.00	0.00	1.21	3.87	4.40	7.05	9.94	26.47	3.78	
0.00	0.00	1.79	6.48	6.48	10.85	12.50	38.10	5.44	
0.00	0.00	1.29	4.14	5.50	9.60	16.66	37.19	5.31	
0.00	0.00	0.71	3.24	4.00	6.45	9.65	24.05	3.44	
0.00	0.00	1.25	3.63	5.00	7.70	17.22	34.80	4.97	
0.00	0.00	1.04	3.63	5.71	8.75	14.00	33.13	4.73	
0.00	0.00	1.50	5.25	6.13	8.75	12.25	33.88	4.84	
0.00	0.04	1.08	5.76	11.38	17.50	25.41	61.17	8.74	
0.00	0.00	1.08	4.00	4.83	12.50	17.80	40.21	5.74	
0.00	0.00	2.33	11.00	24.00	50.00	75.00	162.33	23.19	
0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	8.50	9.50	25.80	3.69	

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 44A. Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la cuarta lectura 45 días después de la siembra

Trat.	R I		R II		R III		R IV	
	1-5 Centímetros	6-10 Centímetros	1-5 Centímetros	6-10 Centímetros	1-5 Centímetros	6-10 Centímetros	1-5 Centímetros	6-10 Centímetros
1	2	4	5	6	6	9	2	2
2	4	2	7	3	2	0	7	4
3	9	4	6	4	10	15	6	10
4	2	0	6	3	7	7	9	9
5	3	0	6	3	8	4	7	3
6	10	4	8	5	9	12	7	10
7	3	1	5	2	8	5	9	6
8	4	2	6	3	8	5	10	4
9	6	4	2	0	4	2	7	3
10	8	5	4	3	5	1	8	3
11	14	7	12	5	10	12	9	15
12	16	9	14	8	12	15	11	16
13	22	11	16	8	20	10	15	13
14	2	0	5	2	4	2	2	1

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 45A. Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la quinta lectura 55 días después de la siembra

Trat.	R I		R II		R III		R IV	
	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros
1	12	7	7	6	14	7	11	11
2	15	8	17	6	12	7	15	8
3	15	18	15	12	10	15	10	20
4	12	7	8	5	12	7	10	6
5	10	4	15	3	12	6	13	4
6	12	20	10	15	10	12	14	6
7	10	3	12	2	14	5	9	3
8	20	14	15	12	16	9	12	11
9	15	7	18	6	14	9	17	10
10	20	14	15	12	14	9	16	11
11	9	15	12	12	7	9	11	11
12	10	11	11	9	10	12	8	14
13	30	25	35	35	25	30	22	55
14	12	3	9	2	14	1	15	5

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 46A. Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la sexta lectura 65 días después de la siembra

Trat.	R I		R II		R III		R IV	
	11-15 Centímetros	> 15 Centímetros	11-15 Centímetros	> 15 Centímetros	11-15 Centímetros	> 15 Centímetros	11-15 Centímetros	> 15 Centímetros
1	15	6	16	9	18	12	20	8
2	16	12	15	11	19	13	17	12
3	30	22	25	20	32	25	42	22
4	14	6	12	10	14	6	16	8
5	9	5	8	7	13	6	8	5
6	38	32	32	20	24	20	35	22
7	7	4	6	5	10	8	7	5
8	26	17	24	11	20	16	22	18
9	16	7	15	12	18	13	20	9
10	28	17	25	10	22	15	22	12
11	33	30	29	32	25	30	24	35
12	20	33	18	28	24	28	28	30
13	50	80	70	75	65	68	75	65
14	7	12	5	10	8	6	10	8

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 47A. Datos de campo del porcentaje de infección de tizón tardío en tallos para la séptima lectura 75 días después de la siembra

Trat.	R I	R II	R III	R IV
	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros	6-10 Centímetros	11-15 Centímetros
1	25	20	30	35
2	20	15	15	18
3	25	30	35	30
4	20	12	12	18
5	12	15	10	12
6	60	40	45	40
7	10	12	16	12
8	34	24	30	35
9	15	20	25	22
10	32	22	31	25
11	60	65	50	70
12	65	60	60	63
13	100	95	100	85
14	25	20	15	14

R: Repetición

I, II, III, IV: Número de Bloque o Repetición

Cuadro 48A. Análisis químico del suelo experimental

Muestra No.	Laboratorio	pH	Microgramos/ml			Meq/100 ml de Suelo			Recomendación Número
			P	K		Ca	Mg		
1	20.5	6.0	2.14	50		3.56	1.48		

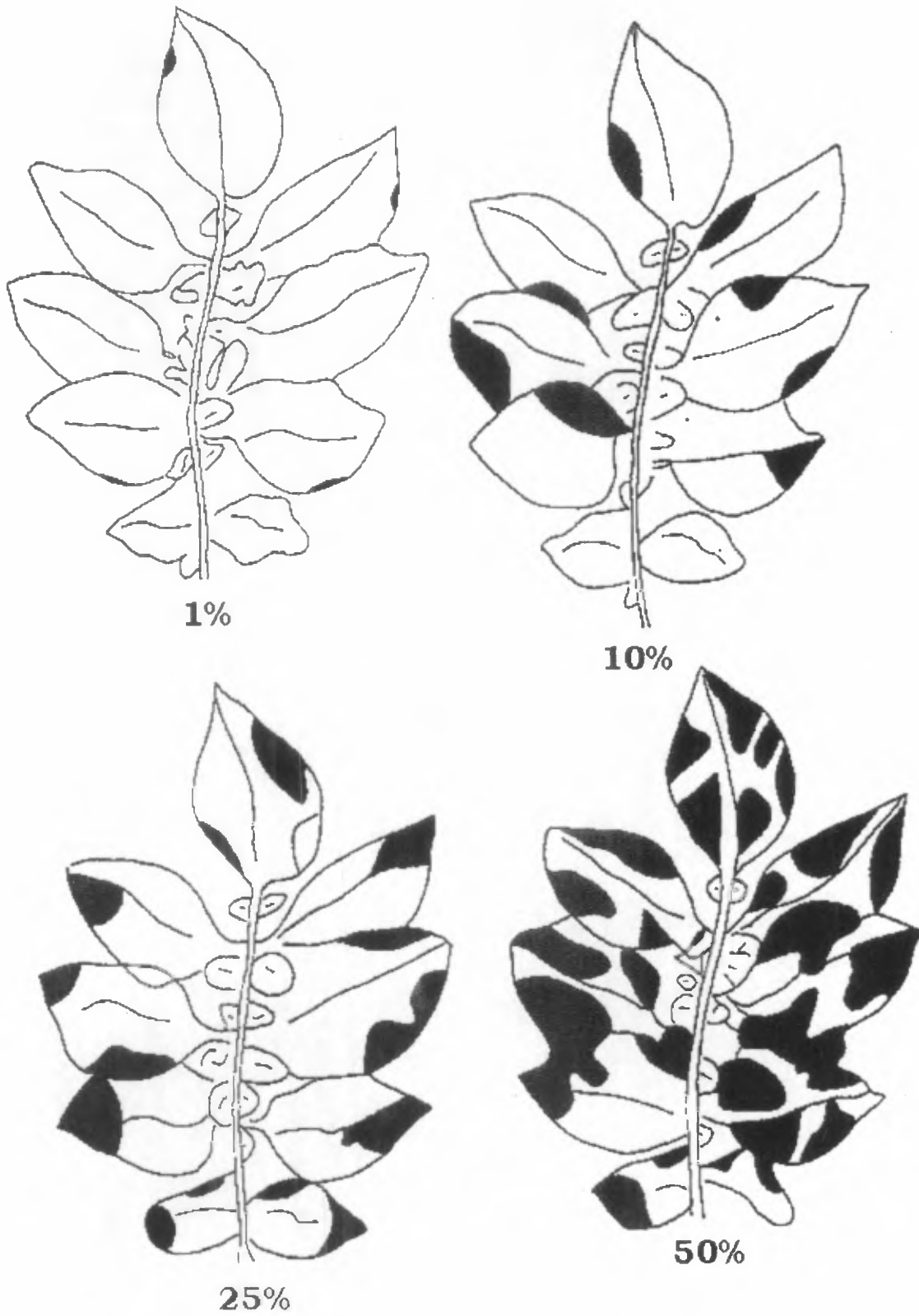


Figura 11. Escala diagramática de severidad de daño de tizón tardío en base a porcentaje de área foliar.

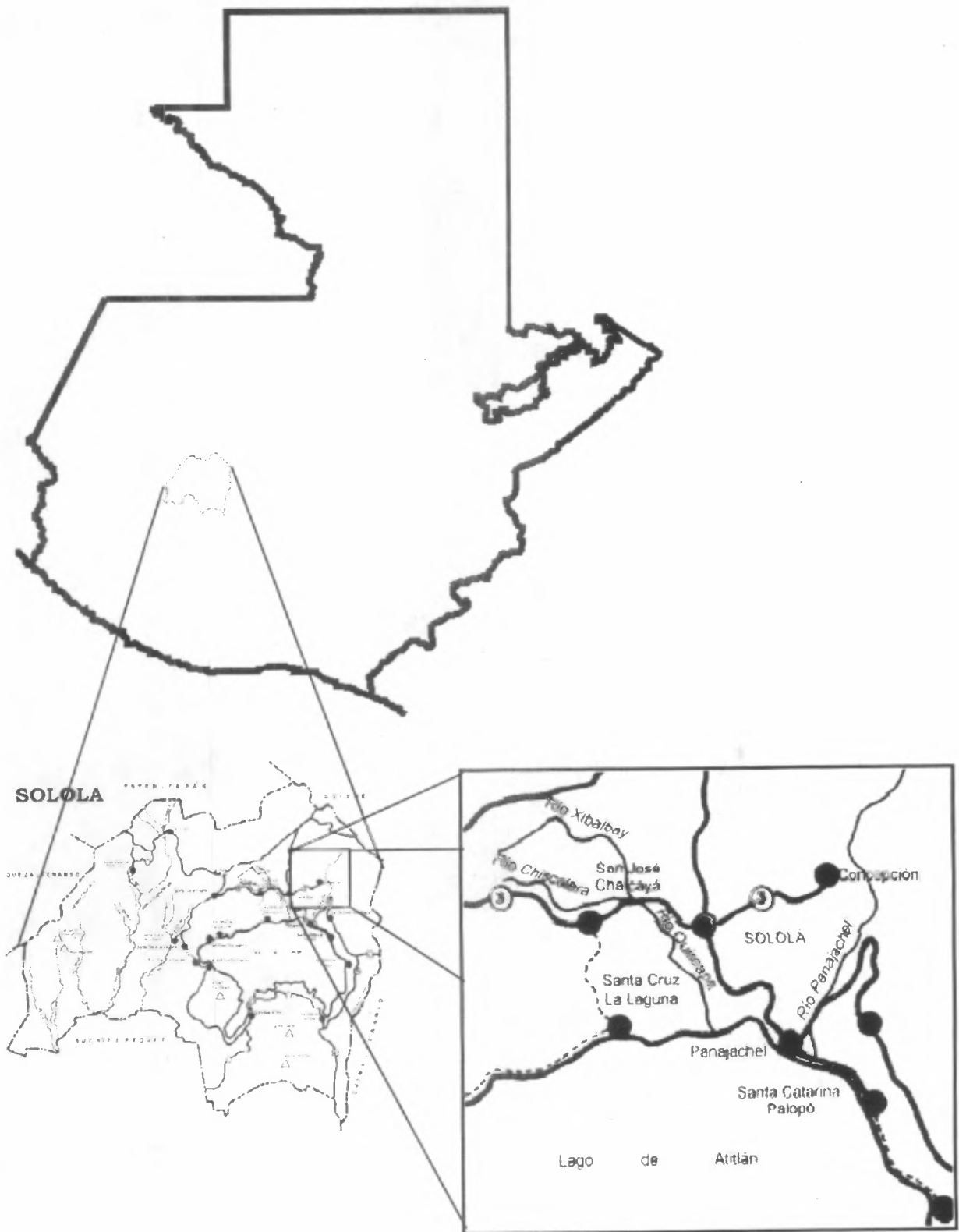


Figura 12. Localización del área de Estudio a Nivel Nacional y Departamental.

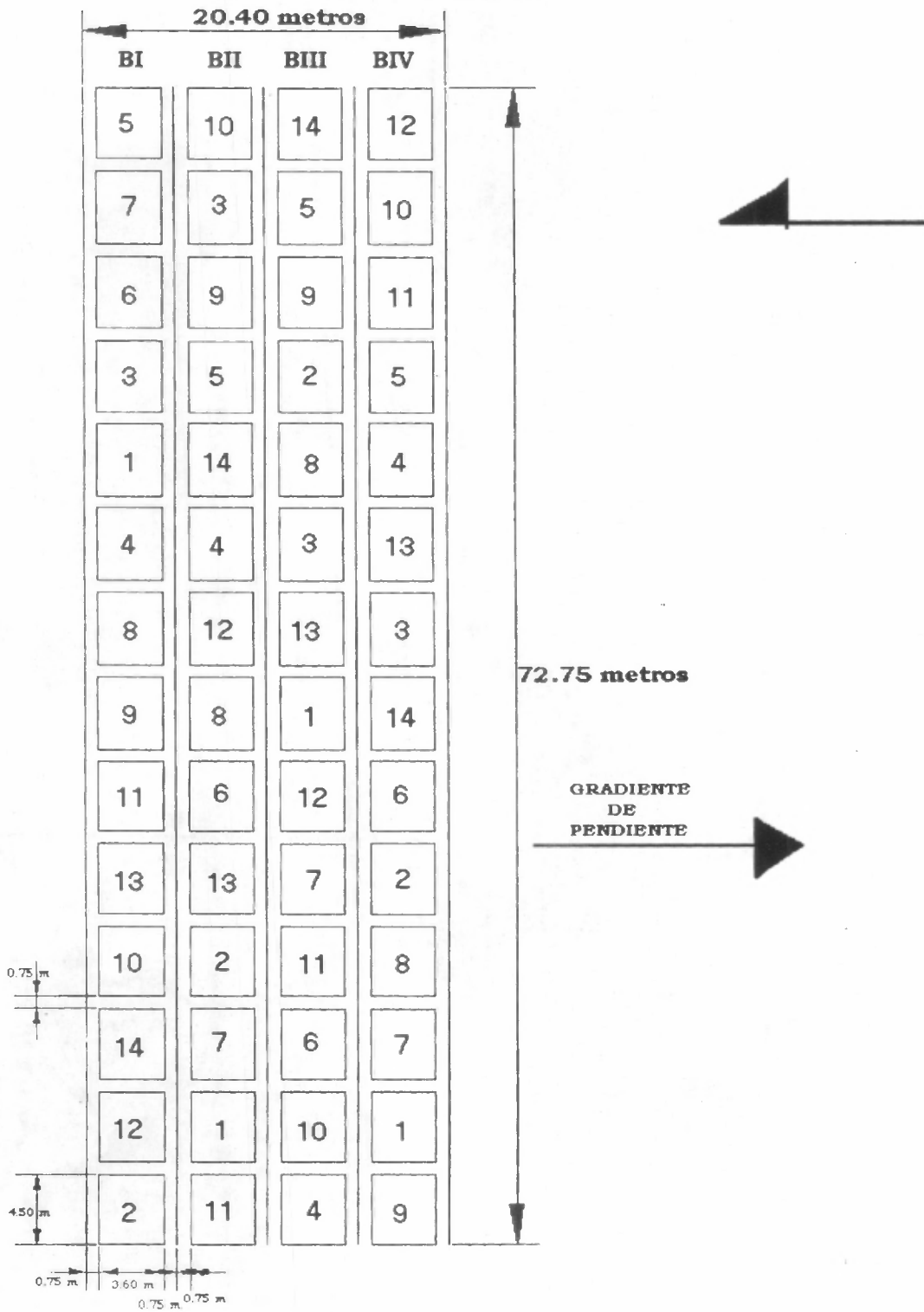


Figura 13. Distribución de los Tratamientos y Bloques en el Diseño Experimental.

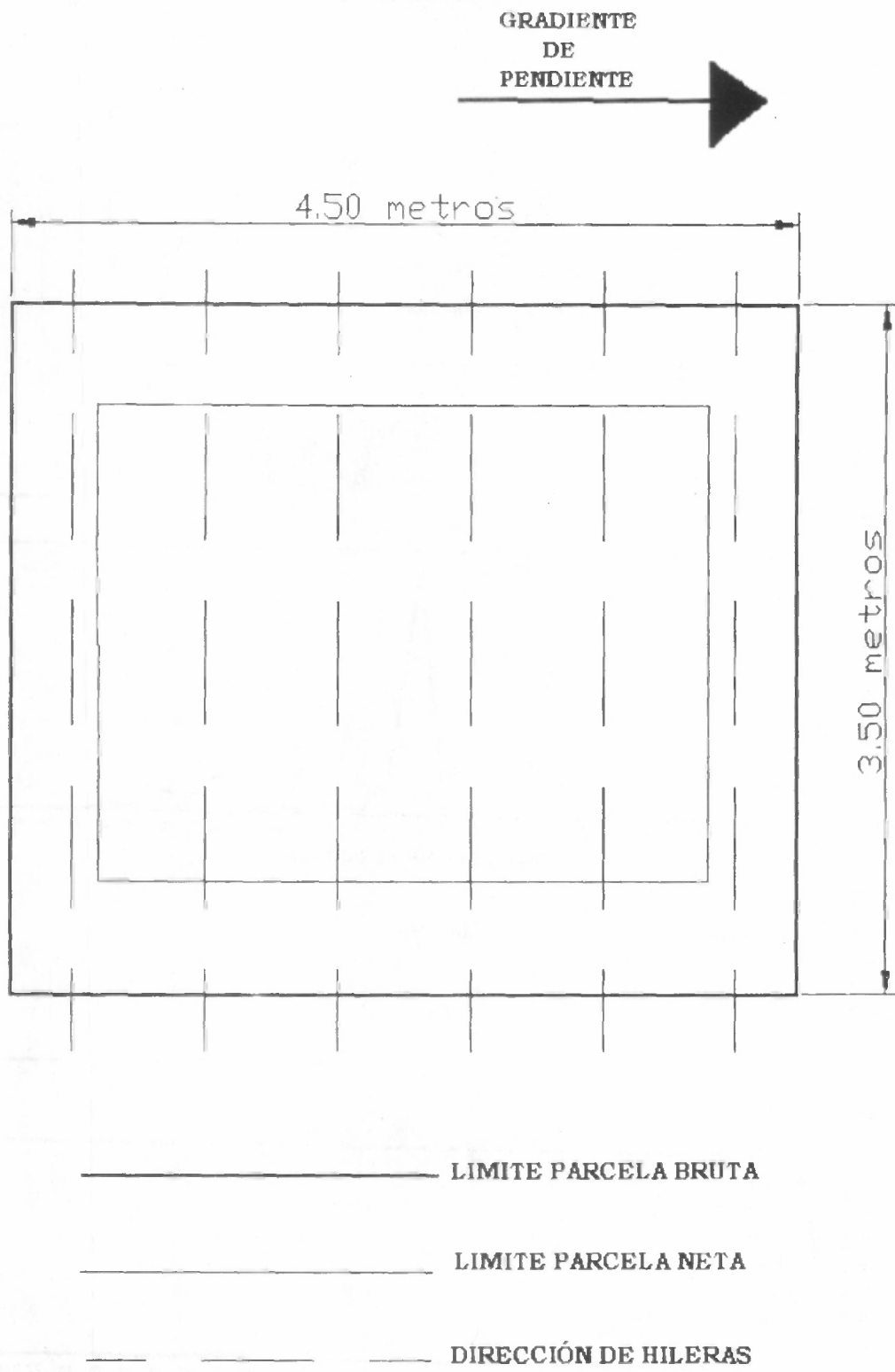


Figura 14. Modelo y tamaño de parcela para cada tratamiento.

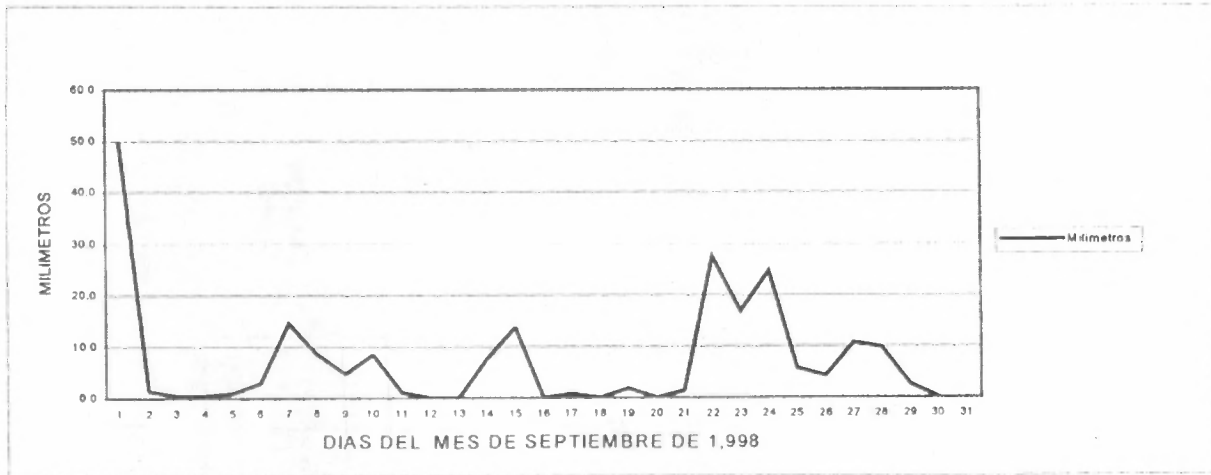


Figura 15. Precipitación del mes de septiembre de 1,998.

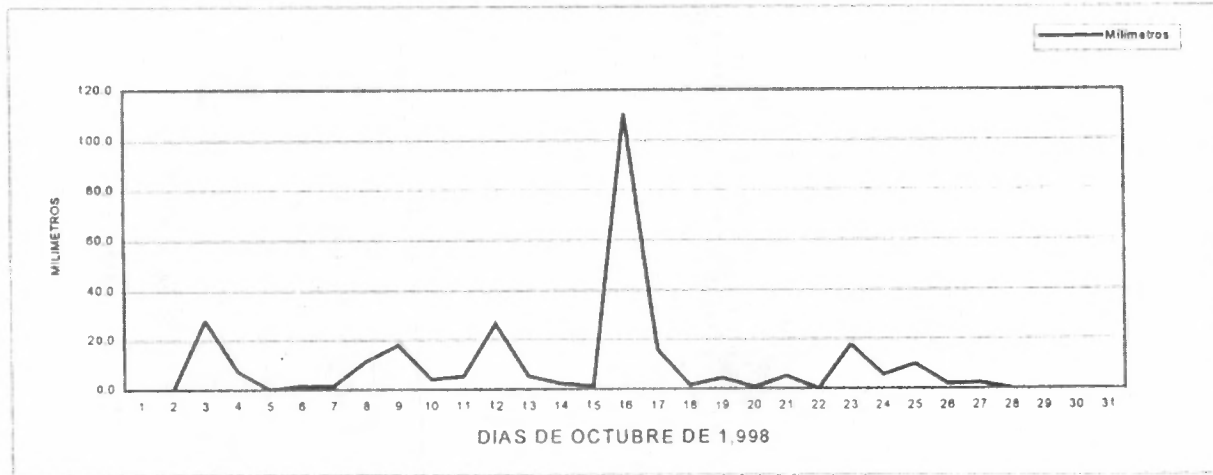


Figura 16. Precipitación del mes de octubre de 1,998.

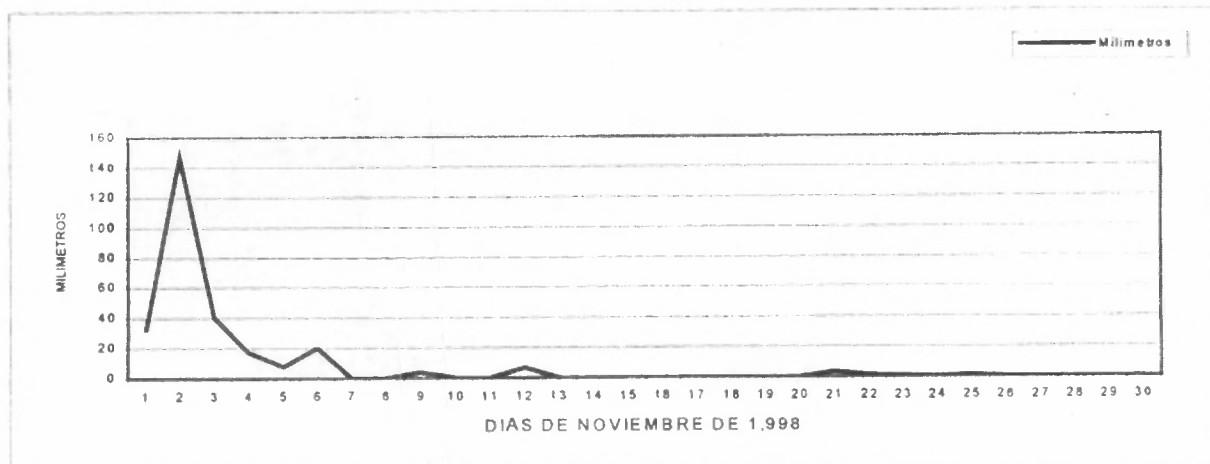


Figura 17. Precipitación del mes de noviembre de 1,998.

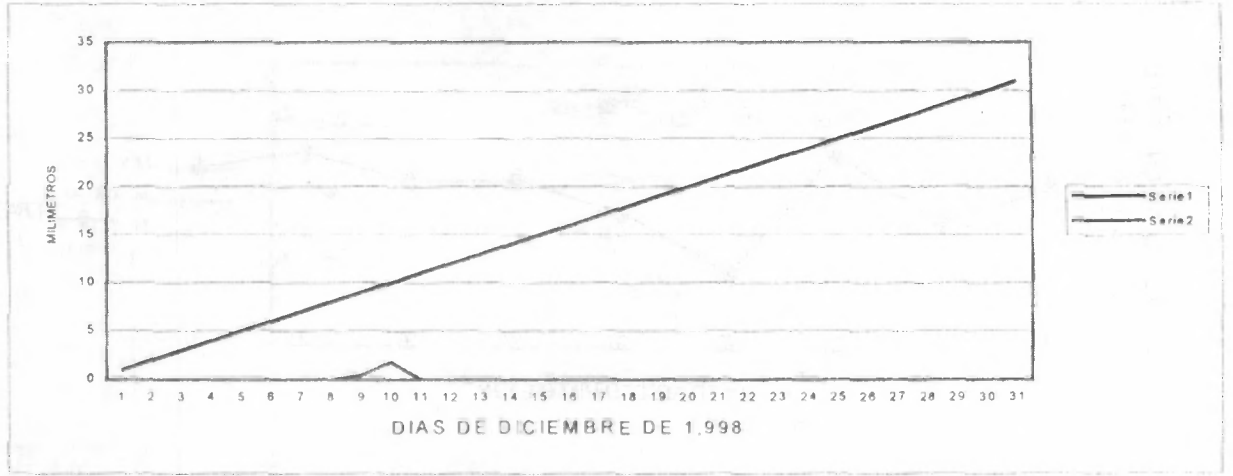


Figura 18. Precipitación del mes de diciembre de 1998.

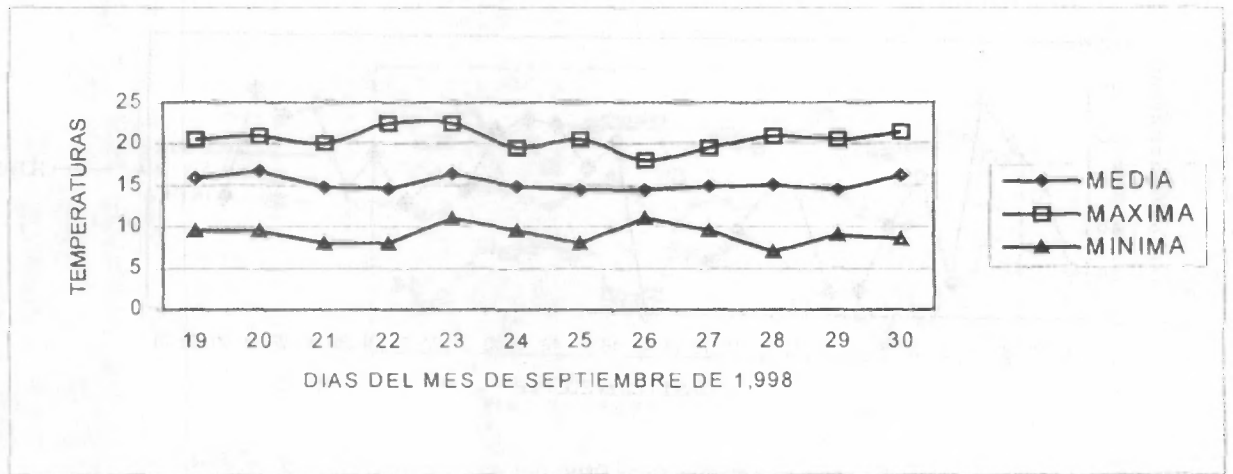


Figura 19. Temperaturas mínima, media y máxima del mes de septiembre de 1998.

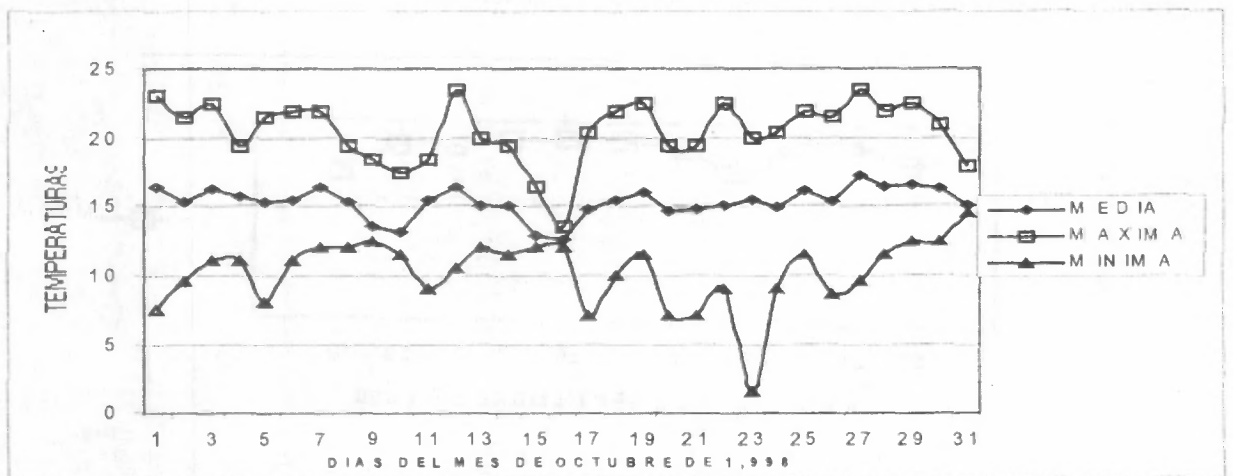


Figura 20. Temperaturas mínima, media y máxima del mes de octubre de 1998.

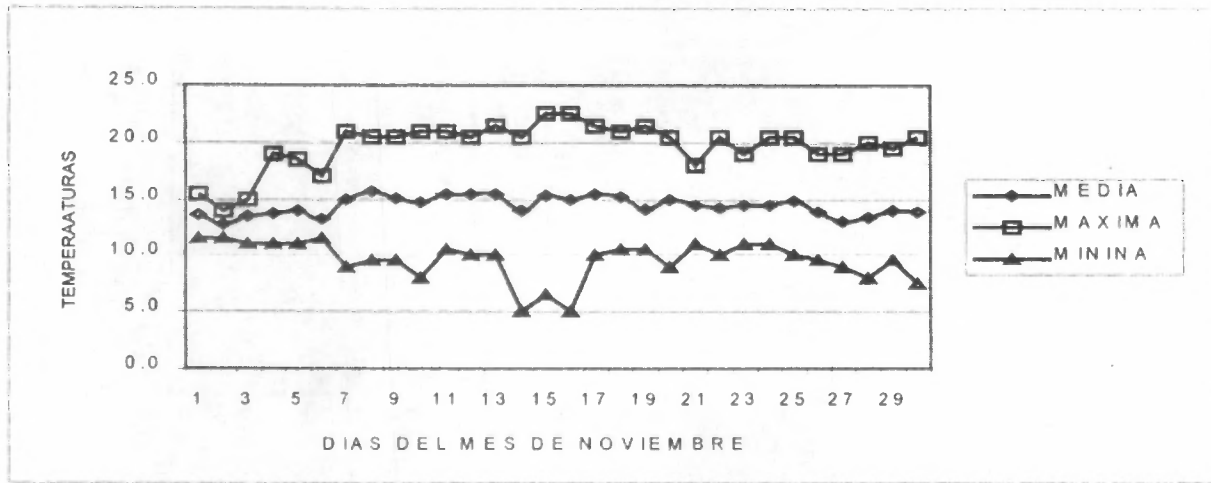


Figura 21. Temperaturas mínima, media y máxima del mes de noviembre de 1,998.

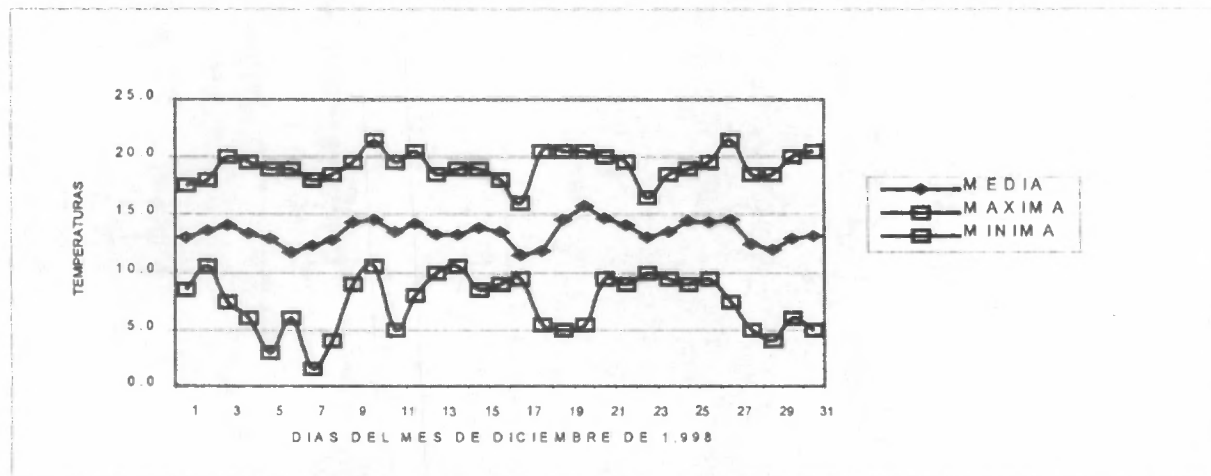
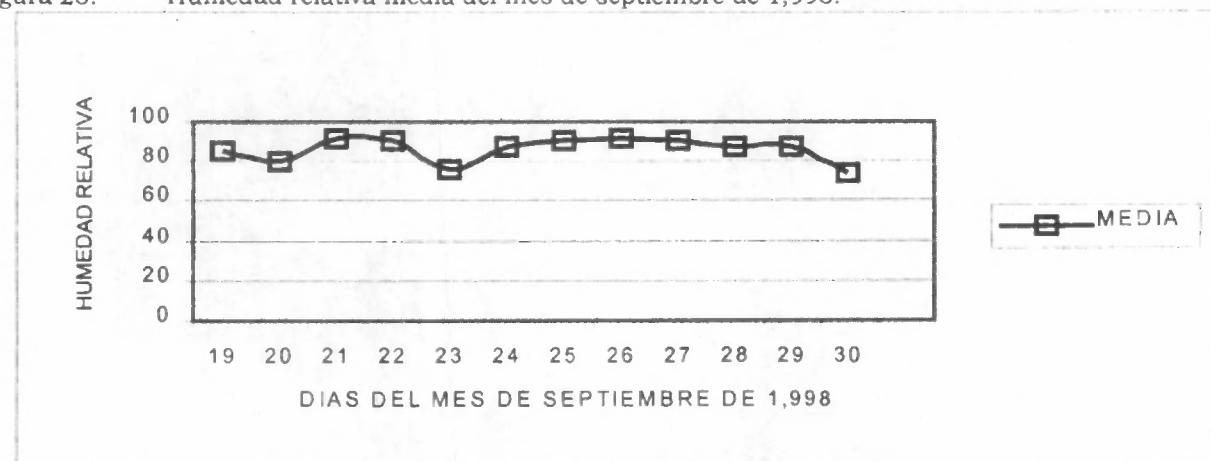


Figura 22. Temperaturas mínima, media y máxima del mes de diciembre de 1,998.

Figura 23. Humedad relativa media del mes de septiembre de 1,998.



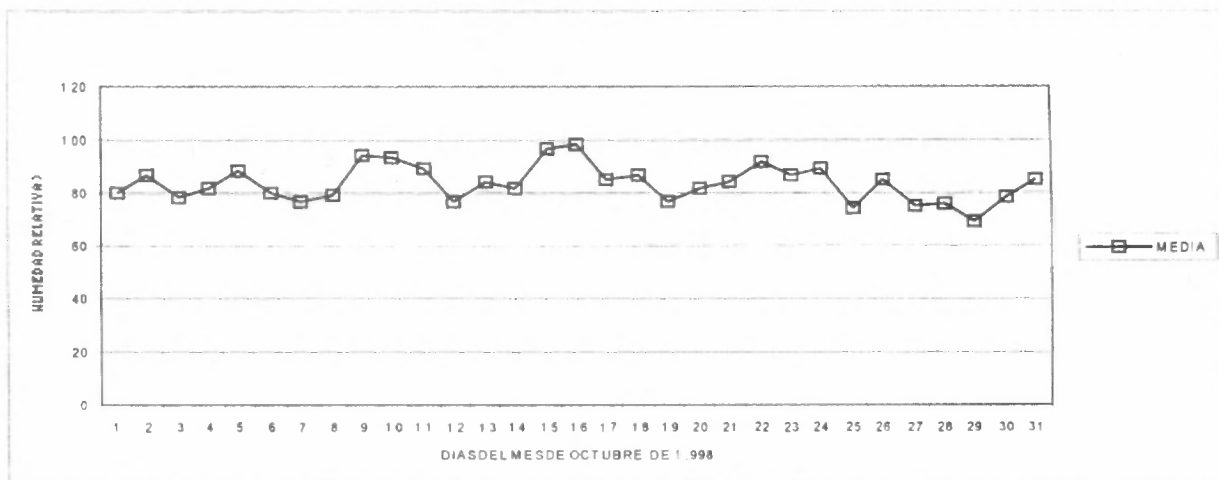


Figura 24. Humedad relativa media del mes de octubre de 1,998.

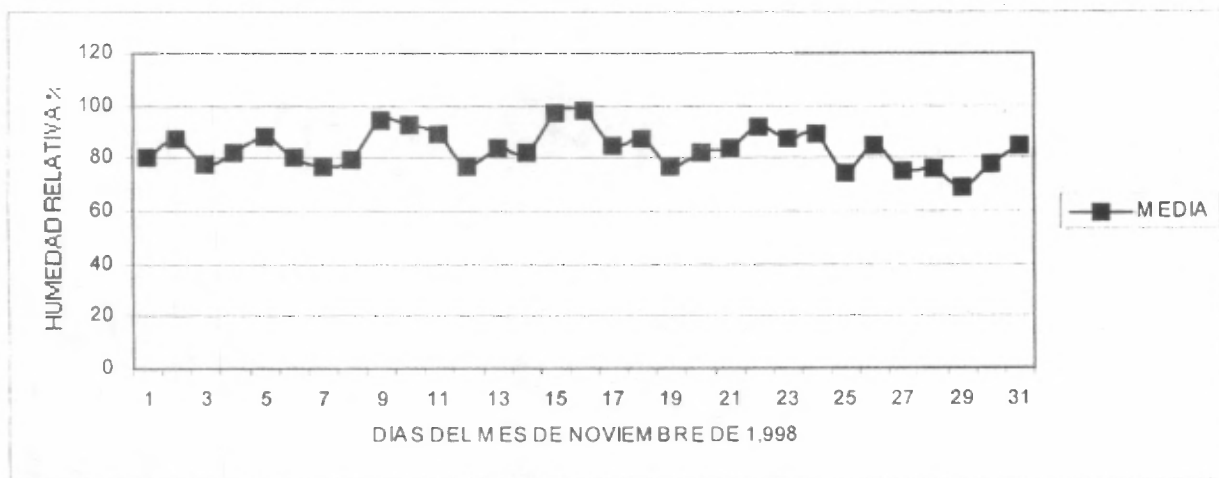


Figura 25. Humedad relativa media del mes de noviembre de 1,998.

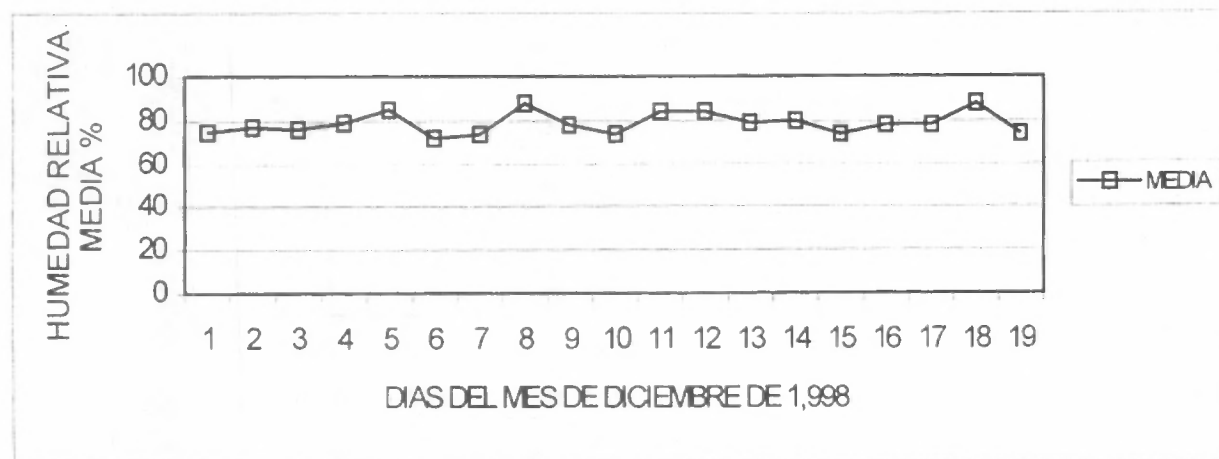


Figura 26. Humedad relativa media del mes de diciembre de 1,998.

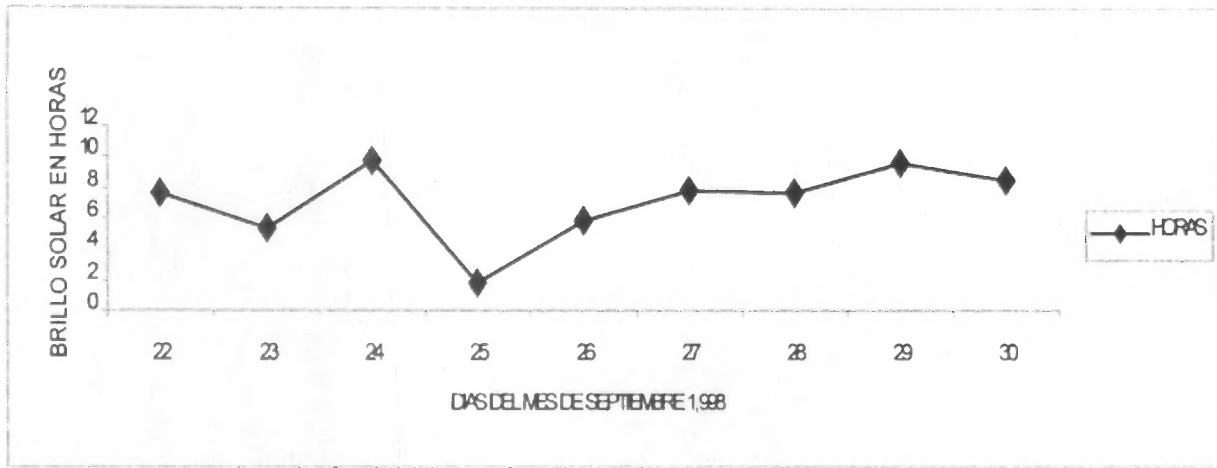


Figura 27. Brillo solar del mes de septiembre de 1,998.

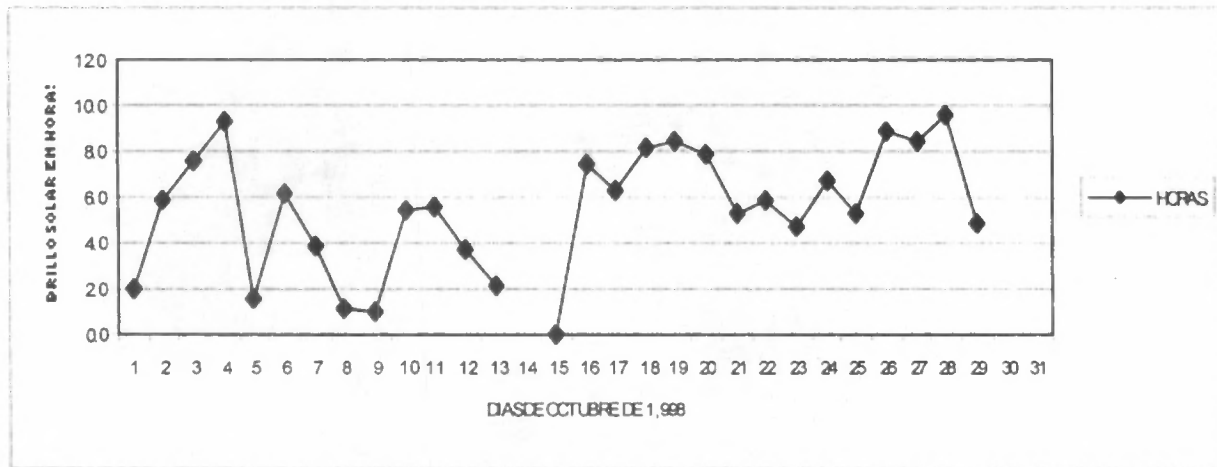


Figura 28. Brillo solar del mes de octubre de 1,998.

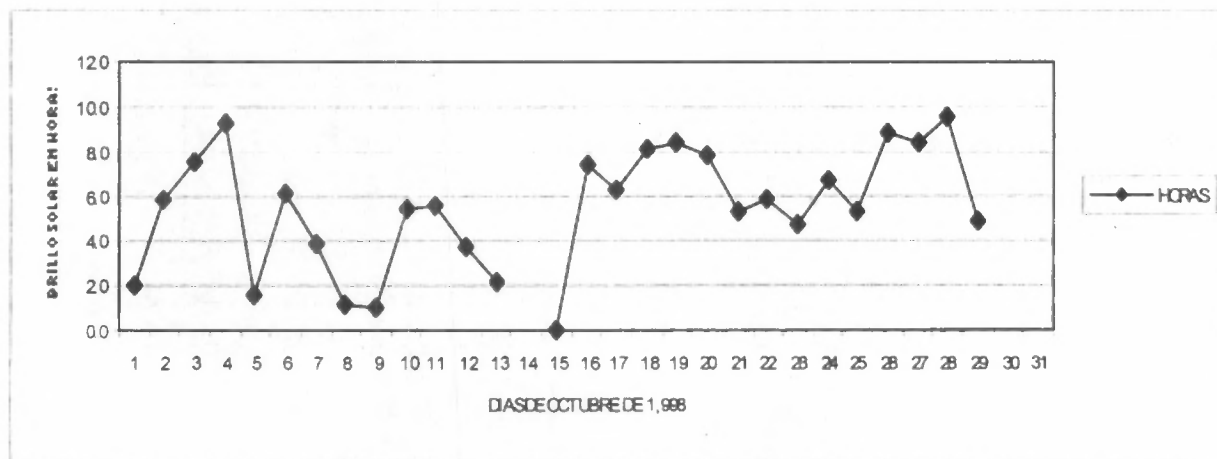


Figura 29. Brillo solar del mes de noviembre de 1,998.

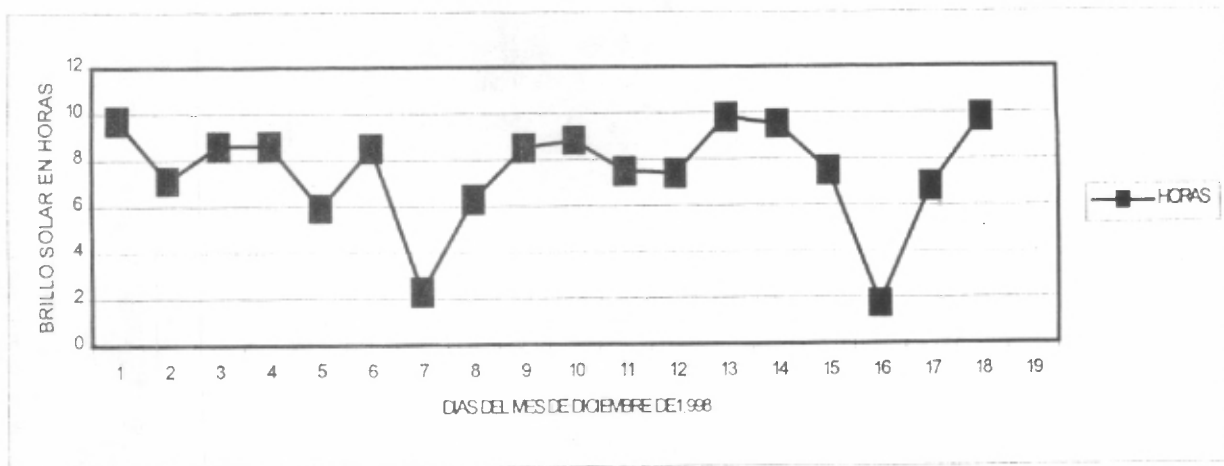


Figura 30. Brillo solar del mes de diciembre de 1,998.



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE CUATRO CONCENTRACIONES Y TRES INTERVALOS DE APLICACION DE COLA DE CABALLO (Equisetum giganteum L.) EN EL CONTROL DE TIZON TARDIO (Phytophthora infestans De Bary) EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.), EN LA ALDEA SACSIGUAN, SOLOLA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE AURELIO MOLINA GOMEZ

CARNET No: 7802272

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Humberto Calderón Díaz
Dr. Carlos Alfonso Orzco Castillo
Ing. Agr. Gustavo A. Alvarez Valenzuela
Ing. Agr. Jorge Omar Samayoa Juárez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada
A S E S O R

Ing. Agr. Melinton V. Cabrera Linares
A S E S O R

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E



Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O
APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794

cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AC/prc.

e-mail: iusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>