

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

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL FUNGICIDA POSITRON DUO, PARA EL  
CONTROL DE *Phytophthora infestans*, EN EL CULTIVO DE PAPA (*solanum  
tuberosum*) VARIEDAD LOMAN EN SAN JOSÉ PINULA GUATEMALA.

TESIS

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

POR

ESWIN LEONARDO CASTAÑEDA ORELLANA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, Septiembre del 2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINAGUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof. Jacobo Bolvito Ramos
VOCAL QUINTO	Br. José Baldomero Sandoval Arriaza
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil Rene Rodríguez Quezada

Guatemala, Septiembre del 2000

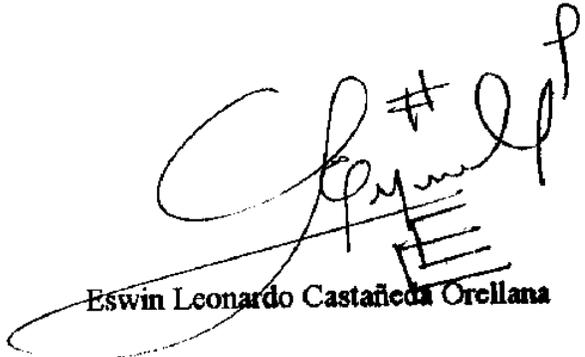
Señores  
Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DE LA EFICACIA DEL FUNGICIDA POSITRON DUO, PARA EL CONTROL DE *Phytophthora infestans*, EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD LOMAN EN SAN JOSE PINULA GUATEMALA.

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



Eswin Leonardo Castañeda Orellana

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS TODO PODEROSO

MIS PADRES:

Raúl Gustavo Castañeda Ruano

Elsa Consuelo Orellana de Castañeda

MIS HERMANOS:

Jaime Leonel, Gustavo Estuardo, Hugo Roderico  
y María Melisa.

MIS TIOS:

Elida del Carmen, Alvaro y Leonel Orellana

MIS PRIMOS Y PRIMAS:

En general y muy especial a Ligia (flores sobre  
su tumba)

A MIS AMIGOS DE

SIEMPRE:

Wilson Esquivel, Ivan Roca, Mynor Díaz, Carlos  
Castañeda, Eddy Arenas, Erick Monterroso,  
Nelson Caceres, Oscar Sanchez, Manolo Barillas,  
Ricardo Irungaray, Federico Sozel, Duamar Armira,  
René Martinez, Renato Suchini y Especialmente a  
Mariela Perdomo y Lorena Escobar.

## AGRADECIMIENTOS A:

Mis asesores de la Facultad de Agronomía, Ing. Agr. Silvel Elías Gramajo e Ing. Agr. Edil Rodríguez Quezada, por su valiosa ayuda, colaboración y apoyo en la realización del presente trabajo, así como en la formación de mi educación profesional.

Al señor Juan Francisco Solís, Sra e hijos, propietarios de finca Las Nubes, por la contribución al presente trabajo, y apoyo incondicional hacia mi persona.

A la familia Flores Pineda, Darwin, Raquel, Irene y Andrea.

Al gerente Técnico regional de la empresa Bayer S.A. Rolando Amado, por la confianza brindada.

Al Ing. Agr. Héctor Salvador Aldana, por sus sabios consejos y paciencia, que han ayudado enormemente en mi formación profesional, gracias amigo.

	PAGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Marco Conceptual	5
3.1.1 Características del cultivo de papa	5
3.1.2 Requerimientos de la papa	6
3.1.2.1 Suelos	6
3.1.2.2 Clima	6
3.1.3 Características de la variedad a evaluar	6
3.1.4 Características de la enfermedad	6
3.1.4.1 Tizón tardío causado por <i>Phytophthora infestans</i>	6
3.1.4.2 Descripción del fitopatógeno	7
3.1.4.3 Clasificación	7
3.1.4.4 Reproducción sexual	8
3.1.4.5 Reproducción asexual	8
3.1.5 Ciclo de la enfermedad	8
3.1.5.1 Síntomas	9
3.1.5.2 En las hojas	10
3.1.5.3 En el tallo	10
3.1.5.4 En los tubérculos	10
3.1.6 Etiología	11
3.1.6.1 Patogénesis	11
3.1.7 Control Químico	12
3.1.7.1 Propiedades de los productos tóxicos	14
3.1.8 Definición de algunos términos usados en epidemiología	15
3.1.8.1 Incidencia	15
3.1.8.2 Severidad	15
3.1.8.3 Pérdida en el rendimiento causado por la enfermedad	15
3.2 Marco Referencial	16
3.2.1 Localización del experimento	16
3.2.2.1 Ubicación geográfica	16
3.2.2.2 Condiciones de suelo	16
3.2.3.1 Material químico	17
3.2.3.2 Propineb	17
3.2.3.3 Mancozeb	18
3.2.3.4 Oxiclورو de Cobre	19
3.2.3.5 Diclofluanid	19
3.2.3.6 Dimetomorph & Mancozeb (Acrobat)	20
3.2.3.7 Iprovalicarb	20

4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo General	22
4.2 Objetivos Específicos	22
5. HIPÓTESIS	23
6. METODOLOGÍA	24
6.1 Manejo del experimento	24
6.1.2 Diseño de tratamientos	24
6.2 Diseño experimental	24
6.2.1 Unidad experimental	25
6.2.2 Variables de respuesta	26
6.2.2.1 Severidad	26
6.2.2.2 Area bajo la curva del progreso de la enfermedad	28
6.2.2.3 Rendimiento	29
6.3 Manejo del Experimento	29
6.3.1 establecimiento del cultivo	29
6.3.2 Fertilización	30
6.3.3 Control de plagas	30
6.3.4 Control de enfermedades	30
6.3.5 Control de malezas	30
6.3.6 Defoliación	31
6.3.7 Cosecha	31
6.3.8 Datos climáticos	31
6.4 Análisis Estadístico	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1 Severidad	32
7.2 Area bajo la curva del progreso de la enfermedad	34
7.3 Rendimiento	37
8. CONCLUSIONES	41
9. RECOMENDACIONES	42
10. BIBLIOGRAFÍA	43
11. APENDICE	45
11.3 Mapa de ubicación	46
11.4 Plano general del experimento	47
11.6 Boleta de muestreo	48
11.7 Datos climáticos	49

## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
1. Escala diagramática de Clive James, para determinar el porcentaje de infección del tizón tardío en el cultivo de papa.....	27
2. Porcentaje de severidad producido por tizón tardío en el cultivo de papa respecto al tiempo transcurrido, en los tratamientos 1, 2, 3.....	35
3. Porcentaje de severidad producido por tizón tardío en el cultivo de papa respecto al tiempo transcurrido, en los tratamientos 4, 5, 6, 7 .....	35
4. Comportamiento del rendimiento en kg/ha y el área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad en los tratamientos evaluados para el Control del tizón tardío en papa.....	40
5. Mapa de ubicación, finca Las Nubes San José Pinula.....	46
6. Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos.....	47

	PAGINA
1. Tratamientos realizados para el control del tizón tardío, en el cultivo de papa, finca Las Nubes San José Pinula, Guatemala.....	25
2. Resumen de las lecturas de severidad del tizón tardío, de cada uno de los tratamientos evaluados, así como el porcentaje de control respecto a la fórmula Abbott.....	32
3. Cuadro de valores absolutos del área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad con las cuatro repeticiones del experimento para cada tratamiento evaluado.....	34
4. Análisis de varianza realizados a los valores del área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad en el cultivo de papa, variedad Lóman en San José Pinula, Guatemala.....	36
5. Prueba de medias de Tukey para la variable área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad .....	36
6. Datos de rendimiento de los tratamientos evaluados expresados en kg/ha.....	37
7. Resultados del análisis de varianza para la variable de rendimiento en kg/ha de tubérculos de papa.....	38
8. Agrupación de medias de Tukey para la variable rendimiento, expresado en kg/ha.....	48
9. Boleta de campo utilizada en el experimento.....	49
10. Cuadro de datos de precipitación y temperaturas diarias durante la duración del experimento.....	55

EVALUACIÓN DE EFICACIA DEL FUNGICIDA POSITRON DUO, PARA EL CONTROL DE *Phytophthora infestans*, EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD LOMAN EN SAN JOSÉ PINULA, GUATEMALA.

EFFICACY EVALUATION OF FUNGICIDE POSITRON DUO FOR THE CONTROL OF *Phytophthora infestans* IN THE POTATOES CROP, (*Solanum tuberosum*) LOMAN VARIETY IN SAN JOSÉ PINULA GUATEMALA.

RESUMEN

La presente investigación consistió en evaluar el fungicida Positron Duo, el cual es una sustancia altamente activa, que procede de una nueva clase química con actividad fungicida, derivado de estructuras de aminoácidos para el control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa. Esta enfermedad es una de las principales que afecta este cultivo en diversas partes del mundo.

El oomiceto, causante de esta enfermedad, es un fitopatógeno muy agresivo en cuanto al daño que causa a la papa, especialmente cuando se presentan condiciones de alta humedad y bajas temperaturas, favorables para su desarrollo. El ataque es mayor cuando las variedades de papa, genéticamente son más susceptibles, como la variedad Loman, que fue evaluada en el presente estudio.

La enfermedad se manifiesta en cualquier etapa fenológica del cultivo y se desarrolla muy rápidamente. Si no se controla a tiempo y eficazmente puede llegar a destruir la plantación en su totalidad. Es por ello que los fabricantes de preparados fitosanitarios y los especialistas en fitomejoramiento, constantemente investigan el desarrollo de nuevas moléculas, que coadyuven en la protección vegetal y que se mantengan vigentes y eficaces, contrarrestando la resistencia. De hecho la mayoría de las investigaciones de estas empresas están dirigidas a desarrollar mas y mejores productos; así como nuevos métodos de control.

Esto fue una de las razones que motivó a realizar la presente investigación, en la que se planteó como objetivo principal, evaluar el efecto del fungicida Positron Duo combinado con tres protectantes y dos comparadores en el control de *Phytophthora infestans*, en el cultivo de papa variedad Loman, para conocer su eficacia en el control del tizón tardío.

El estudio se realizó en el municipio de San José Pinula específicamente en finca Las Nubes, a 40 km de la ciudad capital y una altura de 2,195 msnm, colindando con el municipio de Palencia en dirección del noreste del país, en donde el cultivo ha llegado a ocupar un lugar importante en la economía de los agricultores.

El experimento se llevó a cabo en los meses de noviembre de 1998 a febrero de 1999. En el ensayo se utilizó un diseño en bloques al azar con seis tratamientos más un testigo absoluto, los cuales fueron: Testigo absoluto, Dimetomorph & Mancozeb (Acrobat), en dosis de 2 kg/ha, Diclofluanid + Propineb en mezcla de 1 kg/ha de c/u, Diclofluanid + Propineb en mezcla de 1.25 kg/ha de c/u, Propineb & Iprovalicarb a 1.5 kg/ha, Mancozeb & Iprovalicarb a 1.5 kg/ha y Oxiclورو de cobre a 1.5 kg/ha.

Las aspersiones de los tratamientos dieron inicio cuando plantas infectadas alcanzaron niveles de daño > al 5%. Las aspersiones fueron en forma foliar y se le agregó a la mezcla de cada tratamiento, un adherente y su fertilizante foliar conteniendo microelementos necesarios en el desarrollo del cultivo.

Los resultados mostraron de acuerdo a las variables evaluadas, diferencias significativas respecto al testigo absoluto; por lo tanto se recomienda la combinaciones de Oxycloruro de cobre & Iprovalicarb, o bien la de Propineb & Iprovalicab, para la formulación del fungicida Positron Duo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es afectado por varias enfermedades, una de las cuales es Phytophthora infestans, la cual ha llevado a los investigadores a realizar muchas pruebas para controlarla eficazmente. La peligrosidad de este agente se basa en la fuerte acción citopática, y en la capacidad de propagarse en los cultivos en forma de epidemia, esto lleva con frecuencia en unos pocos días a la pérdida de toda la cosecha.

Los fungicidas específicamente activos contra los oomicetos los hay en el mercado sólo desde hace algo más de dos décadas, ya que la lucha contra este tipo de enfermedades, en la actualidad, es muy diferente a lo que en el pasado se utilizó para su control. Es por eso que el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de fungicidas de origen químico, en el control del tizón tardío que afecta severamente a la papa.

El activo evaluado Iprovalicarb, se combinó con Oxy cloruro de cobre a 1.5 Kg./ha (35.5 % de Cu & 4.2 % de Iprovalicarb), Mancozeb, a 1.5 Kg./ha (60 % Mancozeb & 9 % de Iprovalicarb) y Propineb 1.5 Kg/ha (60 % de Propineb & 9 % de Iprovalicarb); para formar el fungicida Positron Duo. Los resultados fueron satisfactorios ya que dos de las mezclas evaluadas fueron bastante relevantes en el control de la enfermedad, estas fueron las de Oxy cloruro de Cobre & Iprovalicarb y Propineb & Iprovalicarb, en ambas se obtiene un fungicida con buen control en la enfermedad del tizón tardío por el poder sinérgico que ejercen las moléculas al unirse.

La mezcla del fungicida Positron Duo, también fue comparada con otros que tienen mucha demanda en el mercado como el Dimetomorph & Mancozeb (Acrobat) en dosis de 2 Kg./ha, y el Diclofluanida + Propineb, juntos a dos concentraciones, una de 1 Kg./ha de cada producto y la otra de 1.25 Kg./ha de cada uno respectivamente.

Para la realización de esta investigación se usó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones, seis tratamientos y un testigo absoluto; el lugar de estudio fue finca Las Nubes, ubicada en el municipio de San José Pinula, a 40 km de la ciudad capital de Guatemala, en dirección al Noreste del país, a una altura de 2,195 msnm y una temperatura que oscila entre 12-15 °C en los meses de estudio, (noviembre de 1998 a febrero de 1999).

## 2. JUSTIFICACIÓN

La producción de papa en el país se ve limitada por varias razones, una muy importante es la enfermedad conocida como tizón tardío, causada por el oomiceto *Phytophthora infestans*, que es un problema difícil de controlar en los cultivos de papa, especialmente en las regiones como en la que se estableció este experimento. El control de esta enfermedad ha sido siempre el químico y el uso de cultivares resistentes, todo esto ocasiona al agricultor un alto costo para lograr controlar dicho patógeno, además si esta no se controla ocasiona bajos rendimientos.

La técnica de usar variedades resistentes había dado buen resultado combinado con el uso de los fungicidas, pero desde hace aproximadamente unos años se ha encontrado que la enfermedad muestra cierta resistencia en áreas del cultivo hacia estos productos. Es por ello que las empresas agrícolas, se han visto en la necesidad de crear nuevos fungicidas para ayudar a romper esta resistencia, y por lo tanto colaborar en un mejor control de la misma. Este problema, se sabe que es de ámbito general en las regiones productoras.

El uso de sustancias químicas es uno de los medios más eficaces para el control de las enfermedades de las plantas y con frecuencia el único. Vale la pena mencionar también, que la producción de alimento suficiente para la población mundial, exige no solo una aplicación más eficaz de las tecnologías actuales en la producción de cosechas, sino, la adquisición y uso efectivo de nuevos conocimientos en muchos aspectos de la agricultura.

Se ha tratado la manera de fabricar un nuevo producto con características protectivas, curativas y erradicativas llamado Positron Duo, con el fin de brindarle al agricultor una opción más eficiente en el control del tizón tardío.

El Positron Duo, todavía es objeto de estudio en distintas localidades del país, ya que las condiciones climáticas no son las mismas en cada área productora. Por ello se trata de buscar un acompañante eficiente entre las alternativas propuestas; y compararlo con los productos mas usados por los agricultores de las distintas áreas productoras, con el fin de dar al productor de papa un fungicida de fácil manejo, disponibilidad, bajo costo y lo principal un buen control de esta enfermedad.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Características del cultivo de papa

Esta planta pertenece a la familia de las solanaceas. Por su cultivo se clasifica como una planta anual, aunque puede comportarse vegetativamente como una planta perenne en el campo, en las regiones muy frías. Su hábito de crecimiento puede ser rastrero, decumbente, semierecto y erecto. (3)

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Las hojas tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces especialmente cuándo han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida. (3)

Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos pueden producir varios tallos. (7)

Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares, debido a la desintegración de las células de la médula. Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos, estos estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. (14)

Las hojas de la planta de papa están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente las hojas son compuestas. Esta planta forma una inflorescencia llamada cimosa; la corola de la flor puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo o morado en distintas tonalidades. (3)

### 3.1.2 Requerimientos de la papa

#### 3.1.2.1 Suelos

Los suelos ideales para el cultivo de la papa son franco arenosos, profundos, bien drenados ricos en materia orgánica, con elementos nutritivos suficientes y con un pH ácido (entre 6.5y 7.5) (6)

#### 3.1.2.2. Clima

Se adapta a alturas que van desde el nivel del mar hasta los 4,000 metros de altura, los tubérculos se desarrollan bien, cuándo la temperatura diurna rara vez excede de 21 °C. Las temperaturas nocturnas, frías son muy importantes, se cree que más importantes que las temperaturas diurnas. (6)

### 3.1.3 Características de la variedad a evaluar

Variedad Loman

Altura de planta entre 0.60 – 0.70 m

Susceptible al daño de tizón tardío

Tubérculos alargados y ovoides

Yemas superficiales

Color interno del tubérculo crema

Ciclo del cultivo 80 – 90 días (15)

### 3.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD

#### 3.1.4.1 Tizón tardío causado por (*Phytophthora infestans*)

Los primeros síntomas del tizón tardío aparecen en los ápices y bordes de las hojas más bajas. Las manchas son húmedas al principio, amarillentas, pero posteriormente se toman negras. En tiempos húmedos generalmente se produce un crecimiento blanco y suave

en la superficie interior de las manchas. Cuando las condiciones del clima favorecen el rápido desarrollo de la enfermedad, puede afectarse tan gran cantidad de follaje, que las plantas tienen el aspecto de haber sido dañadas por las heladas. La susceptibilidad de la planta aumenta con la edad, afectando hojas, ramas, tallos y tubérculos. (12)

Se considera que la enfermedad es originaria de México, es causada por el Oomiceto (*Phytophthora infestans*). Recibe también varios nombres que varían de país en país y aún de región en región, los nombres más conocidos en América Latina son "tizón", "argeño", "gotera" etc.

Es sin lugar a dudas la enfermedad que causa mas pérdidas en el mundo entero en el cultivo de Tomate y Papa. (12)

3.1.4.2 Descripción del fitopatógeno

3.1.4.3 Clasificación

Reino..... chromista

Phyllum..... oomycota

Clase..... oomycete

Orden..... phythiales

Género..... Phytophthora

Especie..... infestans (1)

#### 3.1.4.4 Reproducción sexual

Se requiere un par de tipos de apareamiento cuándo estos crecen uno cerca del otro, la hifa femenina crece en dirección del anteridio joven y forma un oogonio, el cual desarrolla una oospora dura y de pared gruesa. (1)

Las oosporas germinan por medio de un tubo germinal, el cual produce un esporangio, aunque algunas veces forma directamente un micelio. (1)

#### 3.1.4.5 Reproducción asexual

El micelio del oomyceto produce esporangióforos ramificados, de crecimiento indeterminado en cuyos puntos bifurcados, se forman esporangios papilados en forma de limón que con el crecimiento son presionados a los lados y luego se desprenden. (1)

En el sitio donde se forman los esporangios, los esporangióforos forman erupciones que son una característica particular del oomyceto. (1)

#### 3.1.5 Ciclo de la enfermedad

Cuándo en un campo se cultiva papa por primera vez, la infección generalmente proviene de la misma semilla. Por eso es tan importante el uso de semilla sana que no muestre síntomas de la pudrición causada por Phytophthora infestans u otros hongos y el tratamiento preventivo de la semilla antes de la siembra, para eliminar las esporas que pueden ir adheridas a la superficie del tubérculo. Esta práctica es indispensable cuando se usa semilla partida y muy recomendable cuando son enteras, en especial cuando la semilla no está en optimas condiciones de sanidad o algunos brotes están tan desarrollados que se desprenden en el proceso de la siembra. La caída de los brotes origina heridas que son la puerta de

entrada de muchos microorganismos que pueden impedir la germinación o reducir el número de brotes y su vigor con las consiguientes pérdidas en la producción. (11)

Las esporas producidas en el follaje de la papa, son arrastradas por la lluvia o el riego por aspersión y llevadas hasta los tubérculos en formación o ya formados, provocando pudriciones en ellos si las condiciones son favorables. Este patógeno solo prospera en tejidos vivos. Por lo anterior es muy importante cortar el follaje o usar desecantes para quemarlo antes de la cosecha, en especial cuándo hay ataques al follaje. Esto reducirá la contaminación de los tubérculos aunque en la práctica es casi imposible eliminar la presencia de esporas sobre los tubérculos lo que indica en parte que el tizón tardío se perpetúa y aparezcan en campos que nunca habían sido sembrados en papa o tomate o que estén muy distantes de estos cultivos. (11)

En términos generales los ataques de *Phytophthora infestans* se inician por las hojas, desde que las plantas están pequeñas si hay inoculo y condiciones climáticas favorables al desarrollo de este microorganismo. Cuando no se controla en forma adecuada el oomiceto y dichas condiciones de humedad y temperatura persisten este puede atacar los tallos de la planta, invadiéndola completamente. (11)

El ciclo completo de la enfermedad comienza con el ciclo primario o sea lo proveniente de tubérculos infectados y los ciclos secundarios son los que van de follaje a follaje. (11)

#### **3.1.5.1 Síntomas**

Primero aparece una pequeña mancha negra en cualquier parte de la hoja que se agranda si las condiciones climáticas son favorables. En ataques de mediana intensidad se

pueden observar sobre el haz de la hoja manchas de diferentes tamaños desde el punto negro inicial, hasta manchas que pueden cubrir del 15 al 20 % del área de un foliolo. (11)

#### 3.1.5.2 En las hojas

Las condiciones favorables para este patógeno se dan cuándo el periodo de humedad pasa de las 8 o 10 horas en varios días consecutivos y la temperatura fluctúa entre 10 y 24 °C.

Los síntomas de esta enfermedad en un principio toman la apariencia de manchas húmedas circulares e irregulares y por lo común aparecen en las plantas o bordes de las hojas inferiores. (1)

En tiempo húmedo las manchas se extienden con rapidez y forman zonas pardas y atizonadas. A nivel de bordes de las lesiones en el envés de la hoja, se forma una zona blanca constituida por hifas del patógeno. (1)

#### 3.1.5.3 En el tallo

En el tallo se presentan manchas alargadas del mismo color que las de las hojas, el tallo se pone quebradizo y de una consistencia vítrea.

Aparece un moho blanquecino sobre el fondo castaño oscuro de la mancha. Este moho es el signo de humedad que está constituido por zoosporangioforos y zoosporangios. (1)

#### 3.1.5.4 En tubérculos

Ataca superficies de forma y tamaño irregular en las que se observa una alteración del color de la corteza, ligeramente castañas y a veces algunas áreas hundidas. El interior de la papa se torna de un color castaño claro. (10)

Cuándo la infección de los tubérculos se da en la cosecha, estos se empiezan a podrir o descomponer en el campo. Esto se da en caso de que la temperatura y humedad sean favorables al patógeno. (10)

### 3.1.6 Etiología

El organismo causal del tizón tardío de la papa es *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. (13)

Se caracteriza por su micelio cenocítico ínter e intra celular muy ramificado, hialino. Su desarrollo en medios de cultivo es vigoroso, blanco, algodonoso o aplanado. Los esporangióforos salen a través de los estomas de las hojas y por las lenticelas de los tubérculos. (13)

Anteriormente fue descrito como hongo por Montagne en el año de 1,845 como *Botritis 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 de base el modo peculiar de producir conidios. (13)

Por sus características fotosintéticas y su forma lo clasifican ahora como un oomicete del orden phytiales.

#### 3.1.6.1 Patogenesis

La penetración es directa y ocurre aproximadamente dos horas después de la inoculación de los zoosporos. (10)

Según Pristou y Gallegly (1954) los zoosporos se enquistan, germinan y producen apresorios que son ligeramente más pequeños que los zoosporos enquistados. El protoplasma pasa a través del tubo germinativo hacia el apresorio. El protoplasma pasa desde el apresorio, por el cono de penetración para formar el micelio primario. Esta origina un micelio secundario en forma de dedos, que invade los tejidos. La penetración ocurre dos horas después con los zoosporos 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. (13)

### 3.1.7 Control químico

El uso de productos químicos es efectivo cuando se realiza antes del desarrollo de la epifítia. Su uso depende de las condiciones climáticas y frecuencias de los ataques. El uso de los fungicidas comenzó después de la invención del caldo bordelés.

Después de 1,930 declina el uso de este fungicida que es sustituido por los cobres insolubles tales como cloruros básicos, oxiclорuros, carbonatos, sulfatos, etc. (6)

El tizón tardío puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación con aspersiones de compuestos químicos aplicados en la temporada adecuada.

Deben destruirse todas las plantas procedentes de cultivos anteriores de la zona de cultivo ya que todas las plantas de este tipo constituyen una fuente de infección. (7)

Las aspersiones químicas con fungicidas, si se aplican adecuadamente, casi siempre mantienen bajo el control al tizón. Dichas aspersiones deben iniciarse cuando las plantas

tengan una altura aproximadamente de 15 a 30 cm o por lo menos 10 días antes de que aparezca el tizón tardío en la zona de cultivo. El intervalo de aplicación dependerá de las condiciones climáticas de tal forma que los intervalos sean cortos cuando se observe época lluviosa o húmeda y fría, e intervalos relativamente largos cuando se presenta época seca y cálida. Una vez establecida la enfermedad es extremadamente difícil controlarla, a menos que el tiempo vuelva a ser cálido (35 °C) y seco, por lo cual es el aprovechamiento oportuno y la protección del follaje reciente y anterior son esenciales para que las plantas sean protegidas de la misma. Los productos químicos que se utilizan para el control del tizón tardío incluyen varios ditiocarbamatos, así como varios compuestos de cobre y la pasta bordelesa. (1)

El control químico es efectivo cuando se realiza antes del desarrollo de la enfermedad.

(1)

Las sustancias químicas actúan reduciendo, desplazando o eliminando el inóculo en su fuente (erradicación); previniendo las enfermedades de las plantas (protección); o curándolos (terapia). La gran mayoría de las medidas de control químico implica el principio de protección; este impide que el inóculo penetre en el huésped y provoque la infección. Para realizar esto se pueden usar sustancias químicas para impedir el crecimiento o la esporulación de microorganismos, o para matar o inactivar el inóculo en su fuente, en tránsito o en el sitio de la infección.

Mientras que la terapia implica el control del patógeno después de que ha entrado en el huésped, las sustancias quimioterapéuticas pueden aplicarse a las plantas, tanto antes como después de la infección.

Las infecciones se pueden controlar usando compuestos que maten al patógeno, reduzcan la patogénesis por algún procedimiento, incrementen la resistencia de los tejidos del huésped al ataque de los patógenos, o maten los tejidos del huésped de manera que el patógeno quede inactivo.

Además del uso de los fungicidas, el control químico de las enfermedades se puede lograr mediante nematicidas, insecticidas, herbicidas o bactericidas. Además de proporcionar un control directo de los nemátodos fitopatogénicos, los nematicidas pueden controlar los nemátodos que son vectores de patógenos o matar los nemátodos que proveen focos de infección para hongos y bacterias. De modo análogo los insecticidas controlan los insectos vectores de patógenos, tales como los cicadelidos y áfidos que transmiten los virus, o reducen el número de daños debido a ataques de insectos y que pueden constituir focos de infección. Tanto los nematicidas pueden actuar al reducir el inóculo en la fuente o en el tránsito. Un ejemplo del último es el uso de insecticidas para combatir la enfermedad del olmo holandés. El insecticida mata al vector cuándo llega al árbol sano antes de que el inóculo sea depositado eficazmente en el sitio de la infección.

#### 3.1.7.1 Propiedades de los productos tóxicos

Muchas sustancias químicas son diferencialmente tóxicas o inhibitoras de los organismos. Este es un aspecto esencial del control químico de las enfermedades de las plantas. Las sustancias químicas deben ser menos tóxicas a la planta cultivada que a los organismos que se pretende combatir. Un fungicida foliar protector o sistémico, en la concentración eficaz, debe matar a los hongos sin dañar en forma notable a la planta huésped. Esta toxicidad esencial es la razón del gran incremento en el uso de fungicidas orgánicos desde 1940. Aunque son muy eficaces contra los hongos, en general causan menos daño a

las plantas superiores que los fungicidas inorgánicos. También es imperativo que el empleo de sustancias químicas en los cultivos no constituya ningún riesgo para el hombre.

### 3.1.8 Definición de algunos términos usados en epidemiología

#### 3.1.8.1 Incidencia

Número o proporción de unidades de plantas enfermas (el número o proporción de plantas, hojas, tallos y frutas que muestran cualquier síntoma).

#### 3.1.8.2 Severidad

Es la proporción de área o cantidad de tejido de la planta que está enfermo, esta se puede calcular en base a una escala diagramática.

#### 3.1.8.3 Pérdida en el rendimiento causado por la enfermedad

Proporción del rendimiento que el agricultor no cosechará porque la enfermedad lo destruyó directamente o previno a la planta de producirlo.

### 3.2 Marco referencial

#### 3.2.1 Localización del experimento

La investigación se llevó a cabo en finca las Nubes, San José Pinula específicamente, ubicada a 40 Km. de la ciudad capital, en dirección al noreste del país carretera interamericana camino a El Salvador a 2,195 msnm.

##### 3.2.2.1 Ubicación geográfica

Finca las Nubes se encuentra en el centro de aldea las Nubes a 18 Km. del municipio de San José Pinula, y 40 Km. de la ciudad capital.

Su ubicación geográfica son las coordenadas  $90^{\circ}20'21''$  longitud Oeste y  $14^{\circ}34'23''$  latitud Norte.

##### 3.2.2.2 Condiciones de suelo

Según Simmons, Tárano y Pinto (17), en la clasificación de suelos de Guatemala, las Nubes se encuentra en la serie de suelos Camanchá, con características de ceniza volcánica, color claro, relieve ondulado a fuertemente ondulado, buen drenaje, textura franca friable con un subsuelo de 50 cm consistencia friable y textura franco arcillosa.

### 3.2.3.1 Material químico

#### 3.2.3.2 Propineb

Es un fungicida orgánico para el control de enfermedades criptogámicas en viticultura, horticultura y citricultura, así tiene acción protectora inicial e inmediata y además presenta un efecto residual excelente en tiempo seco. Está formulado a base de propineb y su presentación es la de un polvo humectable. Contiene un 70 % de sustancia activa y 30 % de humectantes, adherentes y esparcidores. Favorece el crecimiento, la formación de follaje y frutos en muchos cultivos, corrige la carencia de zinc, como elemento menor y demuestra buen efecto secundario como acaricida, tiene una actividad multisitio característica fungicida de los ditiocarbamatos. No es tóxico para personas y animales domésticos.

Tiene las siguientes características:

- Designación química: Propileno-bis-ditiocarbamato de zinc.
- Formulación: Polvo mojable
- Toxicidad: Oral DL-50 = 8,500 mg/Kg. (en ratas)  
Cutánea DL-50 = 1,000 mg/Kg. (en ratas)
- Nombre comercial: Antracol 70 WP
- Dosis: 2.00 Kg./ha
- Espectro de acción: Tiene un amplio campo de aplicación en banano, arroz, papa, tomate, café, frijol, cebolla, cucurbitáceas, tabaco y floricultura; contra el ataque de diversas enfermedades tales como: Manchas de las hojas, tizones (*Phytophthora infestans*), mildius, mohos, roñas, etc. (2)

### 3.2.3.3 Mancozeb

Es un fungicida del grupo de los ditiocarbamatos, actúa por contacto y es de acción preventiva. Su designación química es el Etilen-bis-ditiocarbamato de magnesio con iones de zinc, en el cual radica la forma de acción del fungicida, pues entre los productos de descomposición del ingrediente activo está el isothiosanato, que inactiva los grupos sulfhidrilos, que son sustancias esenciales en la fisiología de las células de las esporas las cuales mueren.

Esta acción se extiende a esporas germinadas pero antes de que el tubo germinal penetre los espacios intercelulares. Tiene las siguientes características:

- **Formulación:** polvo humectable
- **Toxicidad:** DL-50= 7500 mg/Kg.
- **Fitotoxicidad:** a la dosis indicada es fitocompatible, no causa problemas adversos en las plantas tratadas.
- **Nombre comercial:** Dithane M-45
- **Espectro de acción:** Enfermedades causadas por hongos del orden peronosporales (oomicetos) tales como: tizón tardío en tomate y papa, marchitez del chile, moho azul del tabaco, mildiu veloso de la arveja, cebolla y espinaca, tizón de la fresa, etc. (2)

#### 3.2.3.4 Oxi cloruro de cobre

Fungicida a base de 85% de oxiclорuro de cobre, y 15% de dispersantes, adherente y humectante, tiene gran poder de suspensión, estabilidad en la solución y mejor distribución al aplicarse sobre las plantas, se debe aplicar antes de que la enfermedad se extienda en el cultivo, el cobre participa como catalizador en la función clorofílica.

Este producto tiene un amplio campo de acción, y posee las siguientes características:

- Nombre comercial: cupravit
- Su dosis recomendada es de: 3 Kg./ha.
- Toxicidad: DL-50 1000 = mg/kg.
- Formulación: polvo mojable
- Espectro de acción: Tizón en papa y tomate, antracnosis, mancha de las hojas etc. (2)

#### 3.2.3.5 Diclofluanid

Es un fungicida cuya presentación es la de un polvo mojable con un 50% de diclofluanida como materia activa y 50% de humectantes, adherentes y esparcidores especiales.

Un kilogramo de Euparen contiene 500 gr de materia activa. Es especialmente indicado y utilizado como fungicida preventivo, para el control de: tizones, botritis y oidios en distintos cultivos.

No obstante euparen tiene efecto sobre otras enfermedades y acción secundaria contra acaros.

Su dosis recomendada es de 2.5 a 3 Kg./ha. (2)

### 3.2.3.6 Dimetomorph & mancozeb

Fungicida curativo, con propiedades de sistemicidad local y traslaminar. Funciona como un inhibidor de la formación de células de hongos oomicetos, es compatible con la mayoría de productos fitosanitarios de uso común y no es compatible con productos de reacción alcalina.

Específico contra hongos oomicetos que interrumpe la biogénesis durante la formación de la pared celular, posee una acción protectante y antiesporulante con la cual se reduce el potencial de reinfestación, está formado por dos sustancias como lo es Mancozeb (60 %) & dimetomorph (9 %).

Posee las siguientes características:

- **Formulación:** es la de un polvo mojable
- **Espectro de acción:** Recomendado especialmente para el control de enfermedades fungosas especialmente en papa y tomate (tizón tardío)
- **Dosis recomendada:** 2 Kg/ ha
- **Fitotoxicidad:** no es fitotóxico en los cultivos bajo las recomendaciones dadas. (2)

### 3.2.3.7 Iprovalicarb

El iprovalicarb es un fungicida que posee una acción específica contra los diferentes hongos oomicetos. El método de aplicación es el de aspersión al follaje, ya que la aplicación al suelo y semillas no ha sido muy desarrollada completamente.

Está diseñado para ser un fungicida sistémico para el control de oomicetos. La materia activa iprovalicarb es uno de los componentes del fungicida positron duo es un ingrediente activo nuevo derivado del ácido valino carbámico y de aminoácidos naturales.

La combinación del preparado viene en forma de polvo mojable. La forma en que actúa este preparado, garantiza también que además de la capa rociada por fuera, una cantidad suficiente de sustancia activa penetra en los tejidos de la planta y allí genera una protección desde adentro de la misma, su acción es acropetal .

El ingrediente activo iprovalicarb fue desarrollado en los años 90 por Bayer de Alemania y se le conoció con alta eficacia protectiva, curativa y erradicativa, especialmente contra el tizón tardío.

Importantes trabajos se han hecho para clarificar el modo de acción del preparado y hasta la fecha se conoce que interfiere en el metabolismo de los hongos, previniendo la formación de esporangios y esporas, para interrumpir la acción reproductiva del patógeno. (2)

#### 4. Objetivos

##### 4.1 General

Evaluar el efecto del fungicida Positron Duo, combinado con tres protectantes y dos fungicidas comparadores en el control de Phytophthora infestans en el cultivo de la papa variedad Loman.

##### 4.2 Específicos

1. Determinar la eficacia de la aplicación de los tratamientos evaluados en la reducción de la severidad de Phytophthora infestans, en el cultivo de la papa variedad Loman, y así poder seleccionar el mejor protectante que acompañe a la formulación del fungicida Positron Duo.
2. Determinar el efecto de la aplicación de los tratamientos en el rendimiento de los tubérculos.

### 5. Hipótesis

1. Al menos una de las combinaciones del Positron Duo, presentará diferencia significativa en el control de tizón tardío, que será medido por el porcentaje de severidad y rendimiento.
2. El tratamiento que combina Iprovalicarb & Cobre es el más eficaz en la reducción de la severidad de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa variedad Loman, bajo las condiciones del presente estudio.
3. El control de *Phytophthora infestans* a partir de la aplicación de los tratamientos de los fungicidas evaluados provocará un incremento en el rendimiento, de los tubérculos en el cultivo de papa.
4. El tratamiento más eficaz y por lo tanto el mejor protectante que acompañará la formulación para el control de *Phytophthora infestans* es el Oxycloruro de Cobre.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 6.1.2 Diseño de tratamientos

Todos los productos preventivos utilizados en el experimento se aplicaron al follaje, 21 días después de la siembra (DDS) ya que fue cuando la mayoría de tubérculos había germinado, empezando por los fungicidas preventivos, diclofluanid y propineb, alternándolos, llevando la mezcla su adherente 810, y su fertilizante foliar (Bayfolan) (en concentración de 0.15 % cada uno respectivamente).

Cada tratamiento se describe en el cuadro 1, con sus respectivas dosis recomendadas por el fabricante.

En los tratamientos se incluyó un testigo absoluto al cual no se le realizaron aplicaciones, preventivas ni curativas, esto para ver el desarrollo de la enfermedad y garantizar la presencia del patógeno en el ensayo. También se incluyó un fungicida como testigo relativo (Dimetomorph & Mancozeb) que es el más utilizado por el agricultor de la región, por lo tanto uno de los más comercializados esto con el fin de hacer comparaciones también con el resto de tratamientos.

Las aplicaciones de los fungicidas, preventivos se usó la dosis por concentración.

#### 6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, debido a la gradiente (pendiente) presente en el terreno en un solo sentido; siendo el diseño que más se adecuó al experimento. Este constaba de seis tratamientos más el testigo absoluto y cuatro repeticiones.

Los bloques se ubicaron perpendicularmente a la gradiente. Se obtuvo un total de 28 unidades experimentales.

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta

$m$  = media general

$t_i$  = efecto del  $i$ ésimo tratamiento

$b_j$  = efecto del  $j$ ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = error experimental asociado a la  $i$ ésima observación

Cuadro 1. Tratamientos realizados para el control del tizón tardío en El cultivo de papa en Fca. Las Nubes San José Pinula Guatemala.

TRATAMIENTOS	PRODUCTO	DOSIS / ha	No. DE APLICACIONES
TRATAMIENTO 1	0	0	0
TRATAMIENTO 2	Dimetomorph & mancozeb	2 Kg	5
TRATAMIENTO 3	Diclofluanida + propineb	1 Kg de c/u	5
TRATAMIENTO 4	Diclofluanida + propineb	1.25 Kg de c/u	5
TRATAMIENTO 5	Iprovalicarb & propineb	1.5 Kg.	5
TRATAMIENTO 6	Iprovalicarb & mancozeb	1.5 Kg	5
TRATAMIENTO 7	Iprovalicarb & cu-oxiclor	1.5 Kg	5

### 6.2.1 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental utilizada fue de 60 metros cuadrados (parcela bruta), con 15 surcos de 15 metros de largo, y con un distanciamiento entre surco de 0.5 metros, y 0.4 metros entre planta, hay que hacer notar que estos son los distanciamientos de siembra utilizados por los agricultores de la región, Entre bloques se estableció una distancia de 0.5 metros. De esta manera se obtuvo un área total de 1,906.5 metros cuadrados. Se tomó como

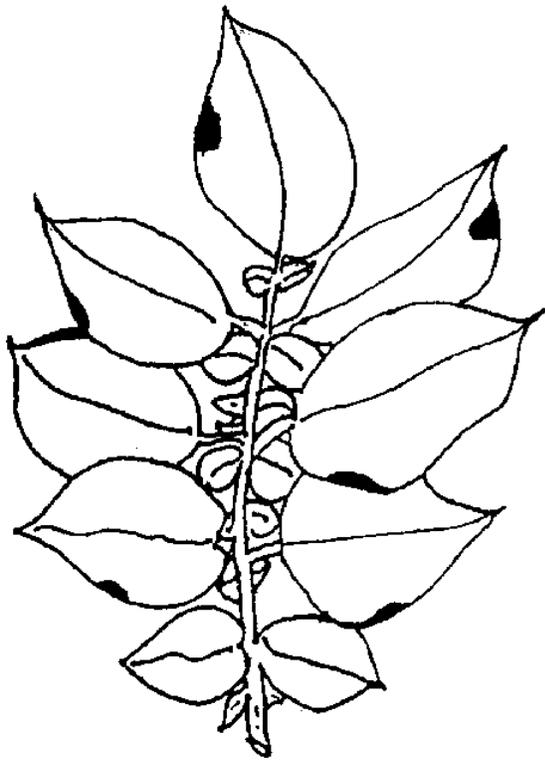
parcela neta los 6 surcos centrales, a los que se les eliminó una planta en cada extremo, para evitar el efecto de borde representando esta un área de 42.6 metros cuadrados (ver croquis pagina 52, apéndice).

## **6.2.2 VARIABLES DE RESPUESTA**

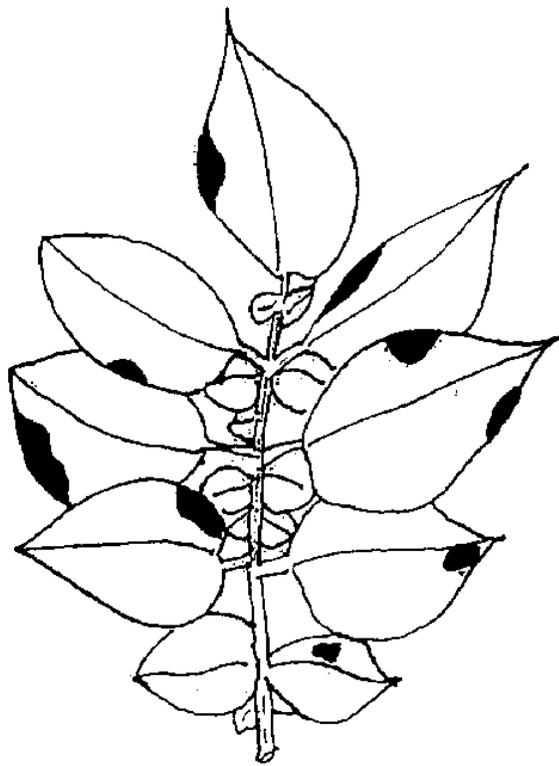
Para poder interpretar los efectos de los diferentes tratamientos con respecto a la enfermedad, se consideraron las siguientes variables de respuesta.

### **6.2.2.1 SEVERIDAD**

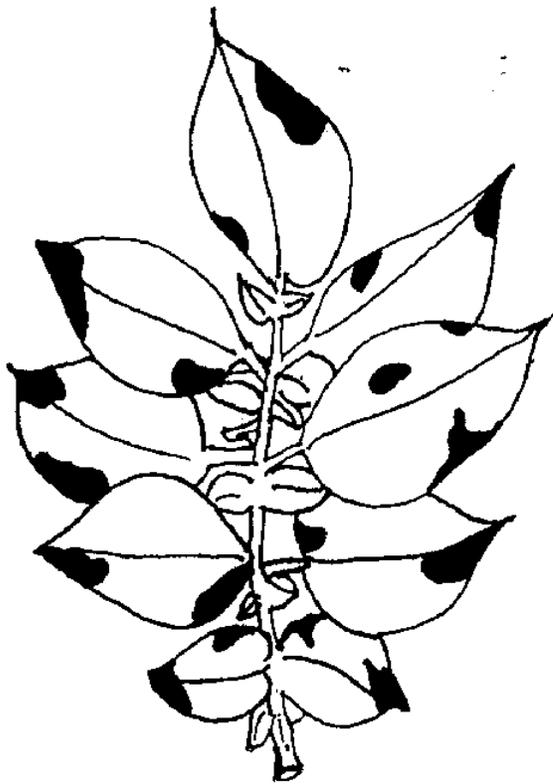
Los datos de la variable de severidad se compararon con la escala diagramática de Clive James, para saber el porcentaje de severidad en cada lectura realizada.



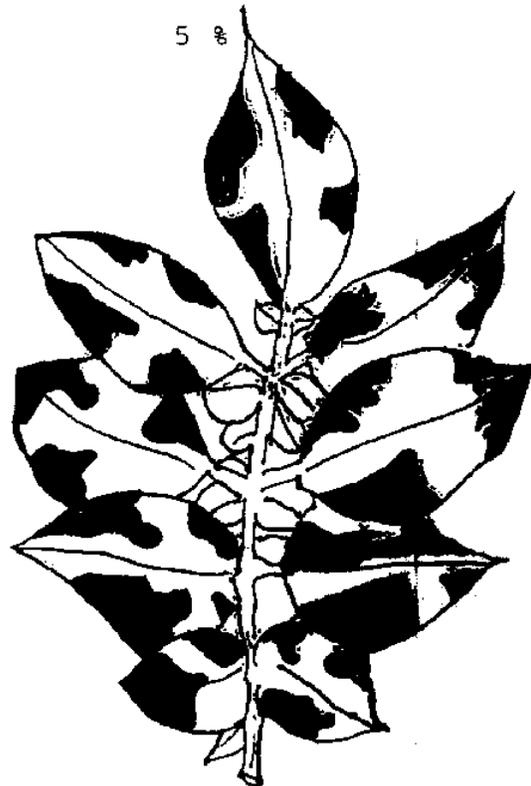
1 %



5 %



10 %



50 %

Escala de severidad de Clive James

Las lecturas se realizaron: La primera antes de hacer la aplicación inicial de los tratamientos (35 días después de establecido el cultivo), la segunda a los 45 días, la tercera a los 55 días, la cuarta a los 65 días, la quinta a los 75 días, para hacer un total de 5 lecturas. Para realizar los muestreos se seleccionaron 10 plantas al azar de la parcela neta, y en cada una de ellas se determinó el porcentaje de infección de tizón tardío, para luego hacer un promedio general por tratamiento. En cada lectura se hizo una selección independiente de las plantas.

Al obtener los resultados se procedió a calcular el porcentaje de eficacia Abbott, el cual consiste en obtener la relación de control de cada tratamiento en base al control natural del testigo absoluto, es decir hacer una comparación entre ambos, expresado en términos de porcentaje.

#### 6.2.2.2 ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCED)

El objetivo principal de hacer este análisis es identificar el efecto entre tratamientos usando como variable el área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Este método consiste en hacer una sumatoria de los promedios de la enfermedad registrados en el tiempo de evaluación, obteniendo la integración de todos los rectángulos formados bajo la curva, para obtener un área total de la enfermedad, esto se hizo con la ecuación:

$$ABCED = \sum (y_2 + y_1) / 2 * (t_2 - t_1)$$

Donde:

y1= severidad de la enfermedad en el tiempo 1 (t1)

y2= severidad de la enfermedad en el tiempo 2 (t2)

Según Reynolds (1997) el área bajo la curva del progreso de la enfermedad es el parámetro más consistente asociado con resistencia a la mayoría de patógenos.

Esta es una medida cuantitativa de intensidad de epidemia que incorpora la incidencia de tiempo del ataque de la enfermedad y el nivel final de intensidad de la misma. (14)

Los valores obtenidos de ABCED en los tratamientos evaluados se sometieron a un análisis de varianza; y debido a las diferencias estadísticamente significativas encontradas, se les realizó una prueba de Tukey.

### **6.2.2.3 RENDIMIENTO**

Se determinó el rendimiento por cada tratamiento realizando la recolección de tubérculos de la parcela neta; el producto se pesó para hacer la relación a kg/ha y se clasificó de acuerdo como lo hizo el agricultor (papa de 1era y 2da ), esta clasificación se hizo en base al tamaño.

Para analizar los resultados, se sumó la papa de primera con la de segunda de cada tratamiento, para luego hacer un análisis de Andeva, que mostró diferencias significativas por lo que se le realizó la prueba de medias de Tukey.

## **6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.3.1 ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO**

La siembra del cultivo de papa se realizó al momento que lo hizo el agricultor (11 de Noviembre de 1998), se realizó un zanjeado donde se colocaron los tubérculos con brotes, teniendo el cuidado de que los brotes quedaran en dirección a la superficie del suelo, a una profundidad de 10 a 12 centímetros, esto con el fin de obtener una germinación rápida y uniforme.

### 6.3.2 FERTILIZACIÓN

Al momento de la siembra se aplicó gallinaza en el fondo de la zanja a razón de 8,000 kg./ha (1,000 kg en el área experimental), luego se colocó la semilla a una distancia de 0.4 metros entre planta, y una distancia entre surco de 0.5 metros, en medio del espacio generado entre cada semilla, se aplicó un fertilizante compuesto (15-15-15) en cantidad de 650 kg/ha (115 kg en el área experimental), esto se hizo con el fin de que el fertilizante no haga contacto con la semilla y la pueda afectar; se realizó al momento de la siembra una aplicación de imidacloprid (confidor 70 WG), en dosis de 500 g de producto comercial/ha para el control de gallina ciega, luego se cubrió la semilla.

### 6.3.3 CONTROL DE PLAGAS

El control de plagas se hizo con Imidacloprid (500 gr/ha) este se aplicó al establecimiento del cultivo, que además tiene un efecto residual que protegió al cultivo por 30 días del ataque de otros insectos chupadores.

### 6.3.4 CONTROL DE ENFERMEDADES

El control de enfermedades, se realizó de acuerdo al cuadro 1, se hizo presente la enfermedad de *Phytophthora infestans* que es la parte a evaluar en el ensayo.

### 6.3.5 CONTROL DE MALEZAS

Se realizó dos veces durante el ciclo del cultivo, una a los 20 días de establecido el cultivo, esta se hizo en forma manual y la segunda a los 38 días con la finalidad de hacer el aporque respectivo de las plantas, con azadón.

### 6.3.6 DEFOLIACIÓN

Se llevó a cabo esta práctica a los 82 días de haber realizado la siembra, cortando la planta con machete.

### 6.3.7 COSECHA

La cosecha se realizó 12 días después de haber sido cortada la planta, es decir a los 94 días de establecido el cultivo, donde se clasificó el producto en papa de primera y de segunda, la papa de primera calidad se clasificó como la papa de buen tamaño, forma ovalada, lisa y sobre todo libre de daños, la de segunda calidad, es la papa de características inferiores que las de la primera.

### 6.3.8 DATOS CLIMÁTICOS

De las condiciones estudiadas, la precipitación y temperatura se obtuvo un registro diario de datos, esta se registró en la estación meteorológica de Fraijanes situada a 22 Km del experimento, así como los datos de temperatura.

## 6.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de la variable de respuesta, porcentaje de severidad, fueron transformados a valores de eficacia Abbott, mediante la fórmula:

$$(\text{Testigo absoluto} - \text{tratamiento}) / \text{testigo absoluto} * 100.$$

Este valor Abbott tiene como objetivo comparar cada uno de los tratamientos con el testigo absoluto, y así obtener el grado de control de cada uno.

A las otras dos variables se les sometió a un análisis de varianza y por haber mostrado significancia se les realizó la prueba de medias de Tukey.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 SEVERIDAD

La enfermedad se manifestó a los 25 días después de la siembra, inicialmente en el testigo absoluto (T1), los datos de lecturas muestran el grado de infección que alcanzó el testigo, a cada lectura se le aplicó la fórmula Abbott, para saber el porcentaje de control de cada uno de los tratamientos evaluados respecto al testigo, como lo muestra el cuadro 3.

**Cuadro 2** Resumen de las lecturas de severidad del tizón tardío de cada uno de los tratamientos evaluados, así como el % de control respecto a la fórmula Abbott.

#### Lectura No. 1

Tratamiento	% de severidad	Eficacia Abbott
1	0.5	0
2	0.25	50
3	0.5	0
4	0.25	50
5	0.25	50
6	0.25	50
7	0.25	50

#### Lectura No. 2

Tratamiento	% de severidad	Eficacia Abbott
1	2	0
2	1	50
3	1.25	37.5
4	1.25	37.5
5	1	50
6	1.5	25
7	0.75	62.5

## Lectura No. 3

Tratamiento	% de severidad	Eficacia Abbott
1	9.75	0
2	3	69.2
3	4	59.0
4	3.5	64.1
5	2.75	71.8
6	3.75	61.5
7	2.25	76.9

## Lectura No. 4

Tratamiento	% de severidad	Eficacia Abbott
1	37.5	0
2	2.75	93
3	4.5	88
4	3.75	90
5	2.5	93
6	4.5	88
7	2.25	94

## Lectura No. 5

Tratamiento	% de severidad	Eficacia Abbott
1	47.5	0
2	3	86
3	4.5	69
4	4	78
5	2.5	94
6	4	80
7	1.75	98

El análisis permite observar el grado de severidad en base a la escala, (Clive James) que alcanzó el testigo absoluto llegando al nivel de 47.5 de área foliar afectada por la enfermedad, mientras que en el tratamiento de la mezcla de Oxiclورو de Cobre & Iprovalicarb no llegó a niveles superiores de 2.5 % de infección; además el cuadro 3 muestra el control de eficacia abbott, el cual nos compara el testigo absoluto con cada uno de los tratamientos evaluados, dando a conocer el control que ejerció cada tratamiento.

## 7.2 ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCED)

El análisis estadístico de este componente epidémico es una opción que permite estabilizar la varianza de los valores porcentuales de la intensidad de la enfermedad dentro de tratamientos, incrementando la confiabilidad de los resultados. La ecuación de donde se obtienen estos valores absolutos que se muestran en el cuadro 4, no es mas que una interacción de rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad alcanzada entre dos tiempos de evaluación.

Cuadro 3. Cuadro de valores absolutos del ABCED, mostrando las cuatro repeticiones del experimento para cada tratamiento evaluado.

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4
1	640	800	760	730
2	95	65	90	85
3	110	110	130	145
4	105	100	105	120
5	70	85	70	80
6	120	130	115	115
7	60	75	55	60

Este tipo de análisis considera la variación de la epidemia en el tiempo, además se puede observar las cifras altas del cuadro 3, donde el testigo absoluto alcanza valores elevados, es decir que su área de desarrollo de la enfermedad es mas alta en el tiempo transcurrido.

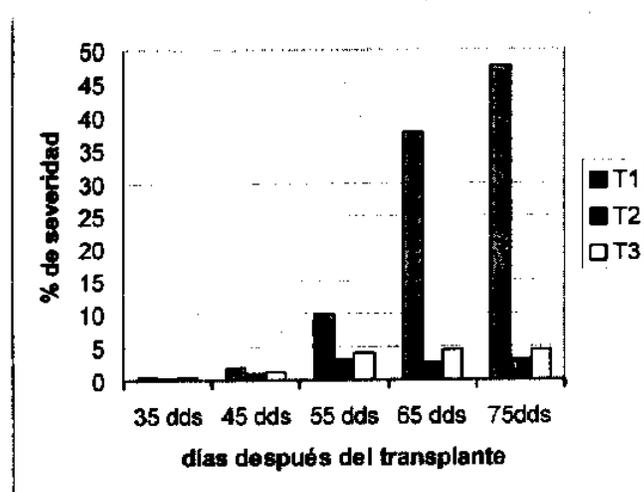


FIGURA 1. Porcentaje de severidad producido por tizón tardío en el cultivo de papa respecto al tiempo transcurrido en los tratamientos 1, 2 y 3.

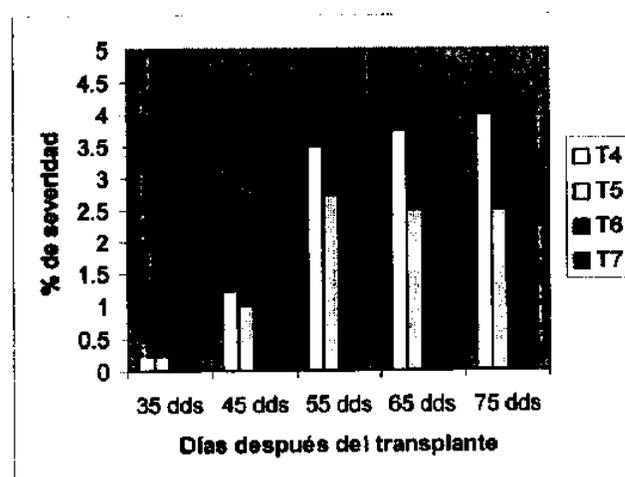


FIGURA 2. Porcentaje de severidad producido por tizón tardío en el cultivo de papa respecto al tiempo transcurrido en los tratamientos 4, 5, 6 y 7.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza realizados a los valores del ABCED en el cultivo de papa variedad Loman San José Pinula Guatemala.

FV	GL	SC	CM	Fcalc.	Pr > F
TRAT	6	1403221.43	233870.24	306.00	0.0001
REP	3	2264.11	758.03	0.99	0.4190
ERROR	18	13757.14	764.2857		
TOTAL	27	1419252.68			

C.V = 14.81%

R<sup>2</sup> = 0.9903

Como puede observarse, en el cuadro anterior; el Análisis de Varianza (ANDEVA) realizado a la variable ABCED, se detectaron diferencias altamente significativas ( $Pr > F < 5\%$ ) para los tratamientos, por lo cual se procedió a elaborar una prueba de significancia entre medias, para determinar cual de los tratamientos evaluados, produce la mejor respuesta, para el control del las epifitias de *Phytophthora infestans* bajo las condiciones del experimento.

**Cuadro 5.** Prueba de medias de Tukey para la variable ABCED.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE LOS TRAT.	GRUPOS TUKEY
1	732.50	A
2	83.75	B
3	123.75	B
4	107.50	B
5	76.25	B
6	120.00	B
7	62.50	B

En el cuadro anterior, muestra que la media mayor fue obtenida por el testigo, debido a la ausencia de control, la enfermedad se desarrolló en todo su potencial favorecido por las condiciones ambientales imperantes en el tiempo y el espacio donde fue llevado a cabo el experimento. La menor media fue presentada por el tratamiento 7, el cual puede inferirse que produjo el mayor efecto de control de la epifitía producida por *Phytophthora infestans*, debido a que una menor media de ABCED, representa una mayor media de control de la enfermedad.

### 7.3 RENDIMIENTO EN kg/ha

Los resultados de rendimiento fueron sometidos al análisis de varianza (ANDEVA) auxiliados por el programa SAS, encontrando diferencias altamente significativas entre los tratamientos, por lo cual se procedió a someterlos a una prueba de significancia entre medias de Tukey, para determinar cual de los tratamientos evaluados produce la mayor media de rendimiento (kg/ha).

Los resultados del análisis de varianza, y de la prueba de Tukey, se presentan en los cuadros 8 y 9 respectivamente.

Cuadro 6. Datos de rendimiento de los tratamientos evaluados, expresados en kg/ha

Tratamiento	Papa de primera	Papa de segunda	Total
1	40	120	160
2	10,529	792	11,321
3	9,122	687	9,809
4	9,777	735	10,512
5	11,828	890	12,718
6	9,262	697	9,959
7	12,513	941	13,454

Cuadro 7. Resultados del Análisis de Varianza realizado a la variable rendimiento en kg/ha de tubérculos de papa.

FV	GL	SC	CM	Fcalc.	Pr>F
TRAT	6	469974573.43	78329095.57	324.38	0.001
REP	3	1821272.43	607090.81	2.51	0.0910
ERROR	18	4346462.57	241470.14		
TOTAL	27	476142308.43			

C.V = 5.06%

R<sup>2</sup> = 0.9908

De acuerdo con los resultados obtenidos, existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en lo que a rendimiento respecta, por lo cual se procedió como paso siguiente a realizar una prueba de significancia entre medias de Tukey, para poder determinar, cual de los tratamientos produjo la mayor media de rendimiento.

Cuadro 8. Agrupación de medias de Tukey para la variable rendimiento en kg/ha de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE LOS TRAT.	GRUPOS TUKEY
7	13456.5	A
5	12719.0	A
2	11322.0	B
4	10513.0	BC
6	9960.0	C
3	9808.0	C
1	166.0	D

Como puede observarse, el tratamiento 7 es el que produjo la mayor cantidad de tubérculos, debido sin duda a que fue infectado en menor escala, ya que como es sabido el tizón tardío producido por *Phytophthora infestans*, reduce el área foliar y por ende resta energía a las plantas de papa, por lo cual estas no pueden producir suficientes carbohidratos de reserva, los cuales son almacenados en la parte subterránea de la planta. Esto se confirma, al observar el rendimiento producido por el tratamiento 1 (Testigo), el cual si se revisa el cuadro 7, fue el que presentó un mayor porcentaje de infección y deterioro del área foliar, lo cual redundó en disminución de la capacidad fotosintética de la planta, que por lo tanto disminuye la producción de tubérculos.

Esto se representa con mayor facilidad en la gráfica siguiente, donde se presenta rendimiento en kg/ha de cada tratamiento, además del ABCED respectivo, observándose una tendencia negativa en la cual puede observarse como el rendimiento disminuye conforme aumenta el ABCED.

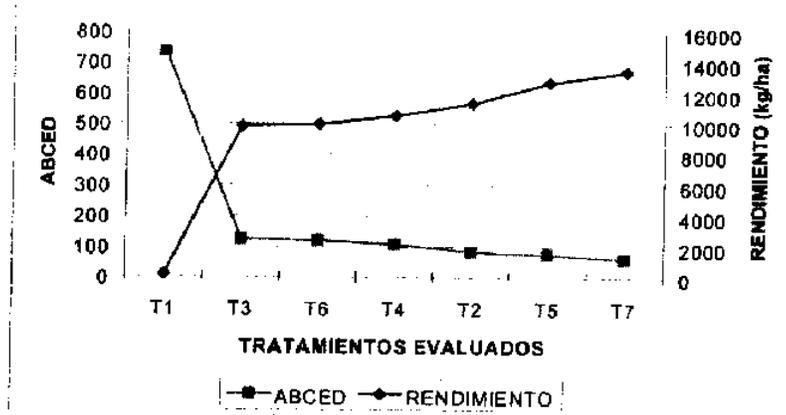


FIGURA 3. Comportamiento del rendimiento en kg/ha y el ABCED en los tratamientos evaluados para control de tizón tardío en papa.

## 8. CONCLUSIONES

1. Los fungicidas protectantes detienen la enfermedad únicamente en las etapas fenológicas primarias de desarrollo del cultivo.
2. De acuerdo al análisis realizado a las variables de severidad y el control de desarrollo de la enfermedad bajo de la curva de la misma, (ABCED) la aplicación de todos los fungicidas en comparación con el testigo absoluto, (sin ninguna aplicación) resultó mejor en el control del Tizón tardío.
3. El mejor control de *Phytophthora infestans*, en base a las variables evaluadas y analizadas cada una respectivamente: severidad, ABCED y rendimiento lo muestran los tratamientos de la combinación Iprovalicarb & Oxycloruro de cobre, (T7) y la combinación de Iprovalicarb & Propineb (T5), estadísticamente, debido a la característica de los dos ingredientes activos, que al combinarlos y formar uno solo, crea un mayor sinergismo, para formar el preparado.
4. Para la variable rendimiento, las combinaciones de Iprovalicarb & Oxiclورو de cobre (T7) y la de Iprovalicarb & Propineb (T5); Fueron las mejores, no mostrando diferencias estadísticamente significativas.
5. Se determinó que existe una relación directa entre porcentaje de infección en el follaje y el rendimiento, es decir a mayor infección en el follaje, menor es el rendimiento de producción de tubérculos.

## 9. RECOMENDACIONES

En relación a lo obtenido por la investigación se sugiere:

1. Para obtener un control efectivo de tizón tardío en el cultivo de la papa variedad Loman, y así mismo obtener los máximos beneficios, se recomienda combinar los ingredientes activos del tratamiento siete, (Iprovalicarb & Oxycloruro de cobre), o bien la combinación del tratamiento cinco (Iprovalicarb & Propineb) ya que estos ejercen un poder preventivo, curativo y erradicativo, en el control del tizón tardío.
2. Se recomienda, bajo las condiciones del experimento que con 5 aplicaciones de cualquiera de estos dos preparados (T7,T5) durante el ciclo del cultivo, se controla eficazmente la enfermedad *Phytophthora infestans*. Empezando las aplicaciones al momento de aparecer los primeros síntomas de la enfermedad.
3. Con una dosis de 1.5 kg/ha por aplicación de estos preparados (Iprovalicarb & Oxycloruro de cobre o Iprovalicarb & Propineb), se puede controlar muy eficazmente hasta en un 98% la enfermedad del tizón tardío bajo las condiciones evaluadas.
4. Se recomienda hacer las aplicaciones del fungicida curativo seleccionado, cuándo empiezan los primeros síntomas visibles de la enfermedad en la plantación, ya que por la alta capacidad de diseminación del oomiceto es muy difícil detectar exactamente cuanto de inóculo hay ya presente.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G. W. 1998 Fitopatología. Trad. Manuel Guzman Ortiz. México, Limusa. P.110-113
2. BAYER DE GUATEMALA. SECCIÓN TÉCNICA. 1989 Fungicidas 46 p.
3. BOTANICA SISTEMÁTICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA. 1986 Lima Perú Centro internacional de la papa. Boletín información técnica. P. 416
4. CABRERA, A. L. 1990. Evaluación de la tolerancia al ataque de tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) y de rendimiento en seis genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en cuatro Localidades de Chimaltenango y Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. P 8-21
5. CALI, E. A. 1986 Evaluación del control químico de tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) en papa (*Solanum tuberosum*) en dos localidades del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. P. 12-18
6. CURSO NACIONAL DE LA PAPA. (1980, Quetzaltenango Guatemala) Memorias. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. 197 p.
7. E.E.U.U. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1987. Desarrollo y control de enfermedades de las plantas. Trad. Manuel Araganes. México, DF, Limusa. 223 p.
8. FERNANDEZ, M.V. 1982. Niveles de nitrógeno, fósforo y magnesio en suelos bajo el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) ". Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 28.
9. FITOPATOLOGÍA BRASILEIRA, Sociedad Brasileira de fitopatología. Vol. 22 Agosto 1,997. 238 p.

10. GONZALES, B.E. 1998. Evaluación de la resistencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* en función de los grupos de fungicidas utilizados en el valle de Almolonga". Tesis Ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente, p 35
  
11. JAMES C. 1982. Manual of assesment keys for plant diseases. Canadá Department of Agriculture. Publication no. 1,459 1971. p 8-9
  
12. JARAMILLO, A. 1980. La papa, control de sus enfermedades y plagas en América Latina ". E.E.U.U, Rohm and Hass. p. 40.
  
13. LA PAPA. 1995 Su utilización. Guatemala Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola y programa Regional Cooperativo de la Papa, p 23-35
  
14. REYNOLDS, K & CUNFER, B.M. 1987. Exercises in plant disease epidemiology. Ed. D.A. Minesota E.E.U.U, the american Phytopatological Society Pres. p. 111-114.
  
15. SALAZAR, J. C. 1994. Efecto de la aplicación secuencial de cuatro fungicidas en el tizón tardío (*Phytophthora infestans* de Bary) en el tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) en Tac Tic Alta verapaz." Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p 15-29
  
16. SARAZOLA, ROCA, M. DE. 1975. Curso moderno de fitopatología". Buenos Aires, Argentina. p 374.
  
17. SIMONS, C. H; TARANO J. M; PINTO J.H. Clasificación de reconocimiento de suelo de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, ed. José de Pineda Ibarra. 1984.
  
18. VILLAGRÁN, 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. p 9-45.

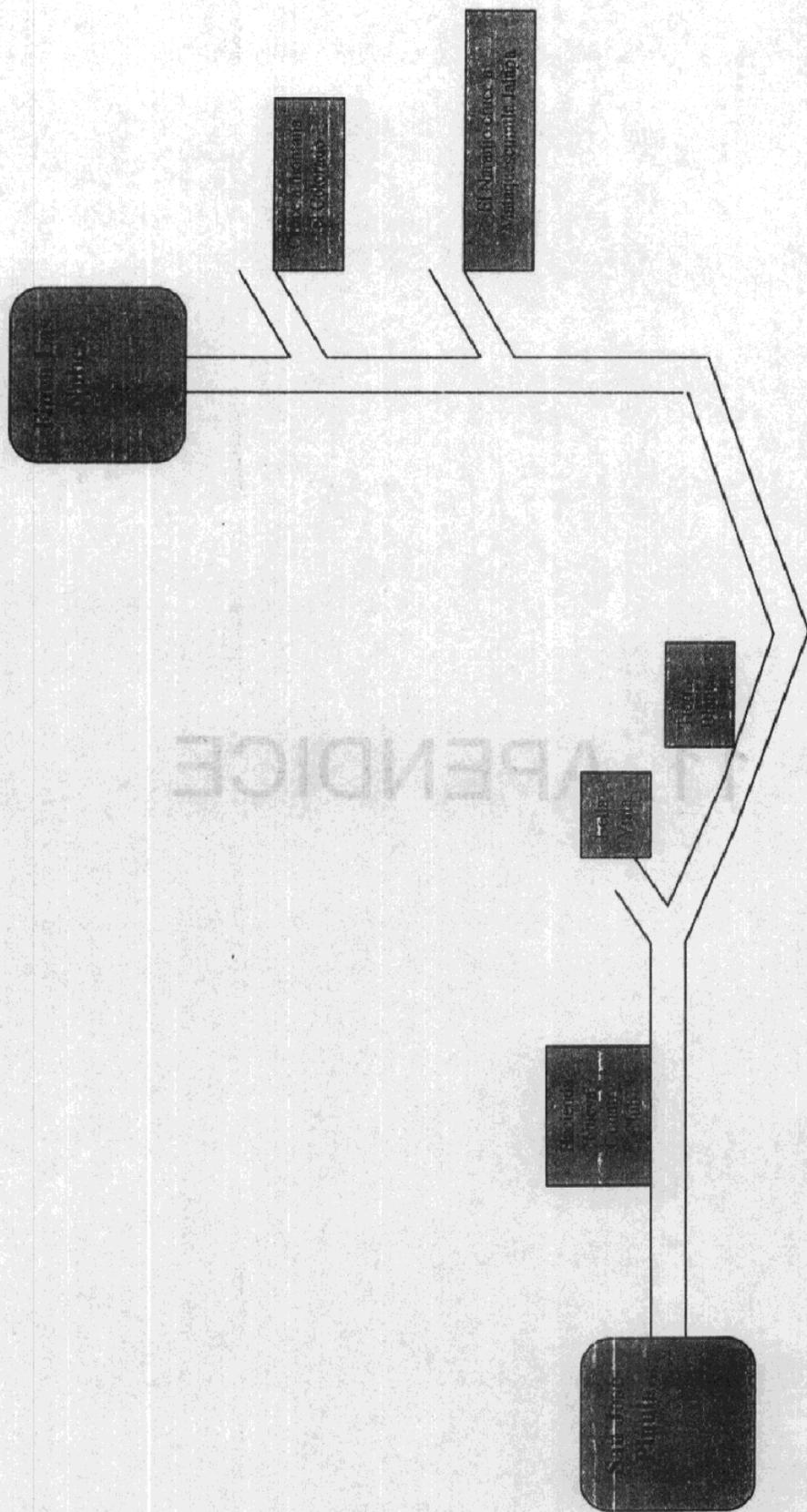


v.º. B.º.

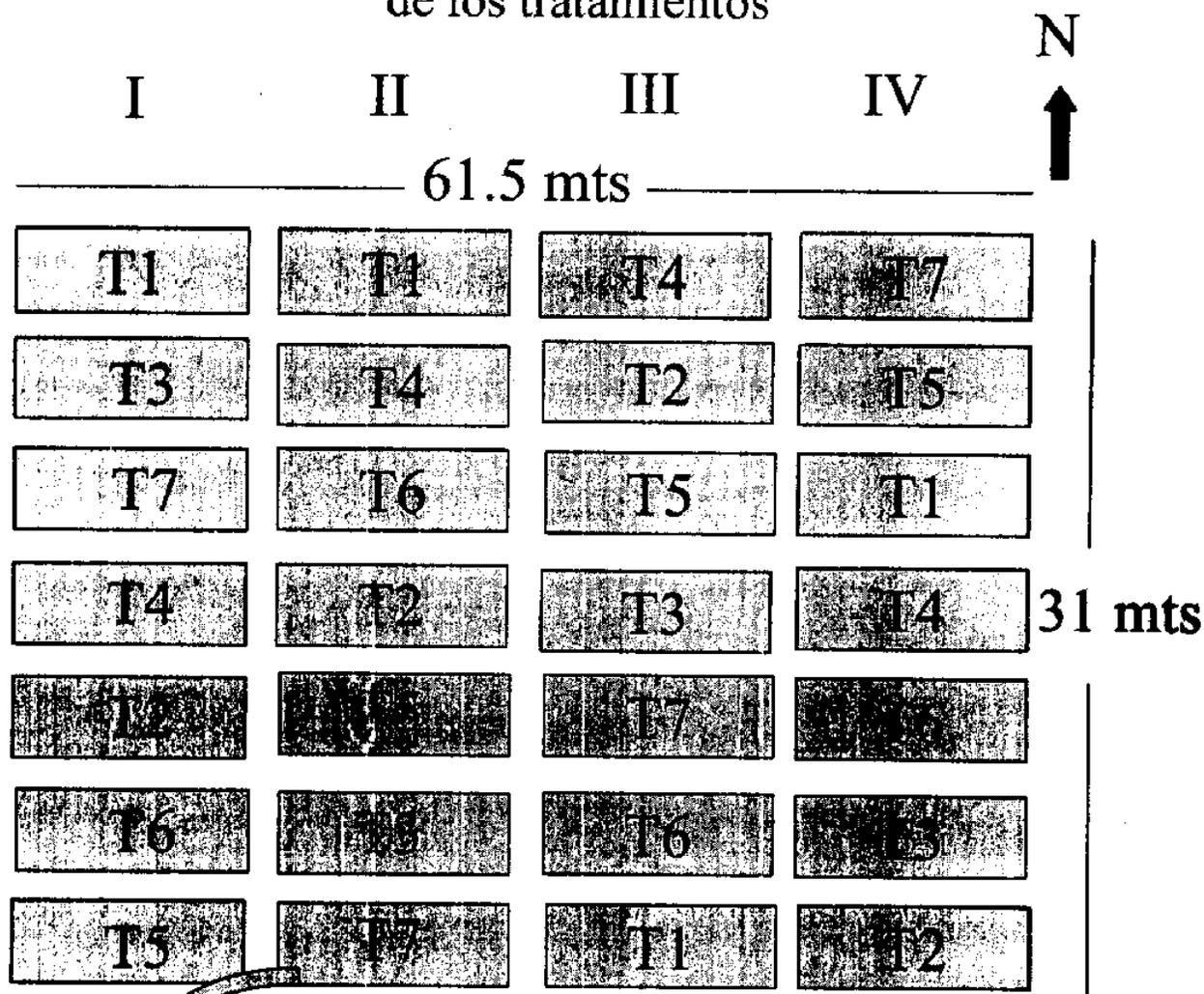
Miriam De La Roca

# 11. APENDICE

Mapa de ubicación, finca las Nubes San José Pinula



### Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos



- Parcela bruta 60 m<sup>2</sup>
- Parcela neta 42.6 m<sup>2</sup>
- Espacio entre surco 0.5 mts, 0.4 mts entre planta y 0.5 mts entre bloque
- Área total 1906.5 m<sup>2</sup>

## BOLETA DE CAMPO

48

Fecha de muestreo \_\_\_\_\_

No. de bloque \_\_\_\_\_

Días después de la siembra \_\_\_\_\_

No. de plantas muestreadas	No. de tratamiento	% de infección en el follaje	Posicionamiento de la enfermedad
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
---	4.00	0.00	0.30
---	0.80	0.00	0.60
---	0.00	0.30	2.00
---	0.50	0.20	2.00
---	7.00	0.20	1.00
---	12.0	0.00	0.00
---	0.40	0.20	3.00
---	3.20	0.30	2.00
---	5.40	0.40	0.00
---	0.40	0.00	0.00
12.0	0.30	0.00	0.00
2.90	0.30	0.40	0.00
11.0	0.00	0.50	0.40
2.00	0.20	1.00	0.50
3.00	0.00	5.00	5.00
0.40	0.20	6.00	2.00
0.30	0.30	2.00	0.30
9.00	1.00	0.50	0.00
4.00	8.00	0.00	0.00
1.00	5.00	0.00	0.20
0.40	2.00	0.00	0.10
2.00	0.40	0.00	0.20
3.00	0.00	0.20	0.20
1.00	0.00	0.40	0.00
3.00	0.00	19.00	0.00
0.30	0.20	7.00	0.20
1.00	0.30	6.00	0.10
1.00	0.20	0.30	0.00
1.00	0.50	0.30	0.00
2.00	6.00	0.00	0.20
7.00	0.00	0.00	
	0.00	0.40	

Datos de precipitación (mm), tomados en el lugar del experimento, elevación  
2,195 msnm



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE LA EFICACIA DEL FUNGICIDA POSITRON DUO, PARA EL CONTROL DE Phytophthora infestans, EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum) VARIEDAD LOMAN EN SAN JOSE PINULA, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ESWIN LEONARDO CASTAÑEDA ORELLANA

CARNET No: 9210297

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edin Fco. Orozco Miranda  
Ing. Agr. Eduardo A. López Cabrera  
Ing. Agr. William R. Escobar López  
Ing. Agr. Gustavo A. Alvarez Valenzuela

Los Aseores 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. Héctor Salvador Aldana Fernández  
A S E S O R

Ing. Agr. Silvel Americano Elías Gramajo  
A S E S O R

Dr. Ariel Abderramán López  
DIRECCION 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



cc:Control Académico  
Archivo  
IIA.  
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794  
e-mail: [liusac.edu.gt](mailto:liusac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>