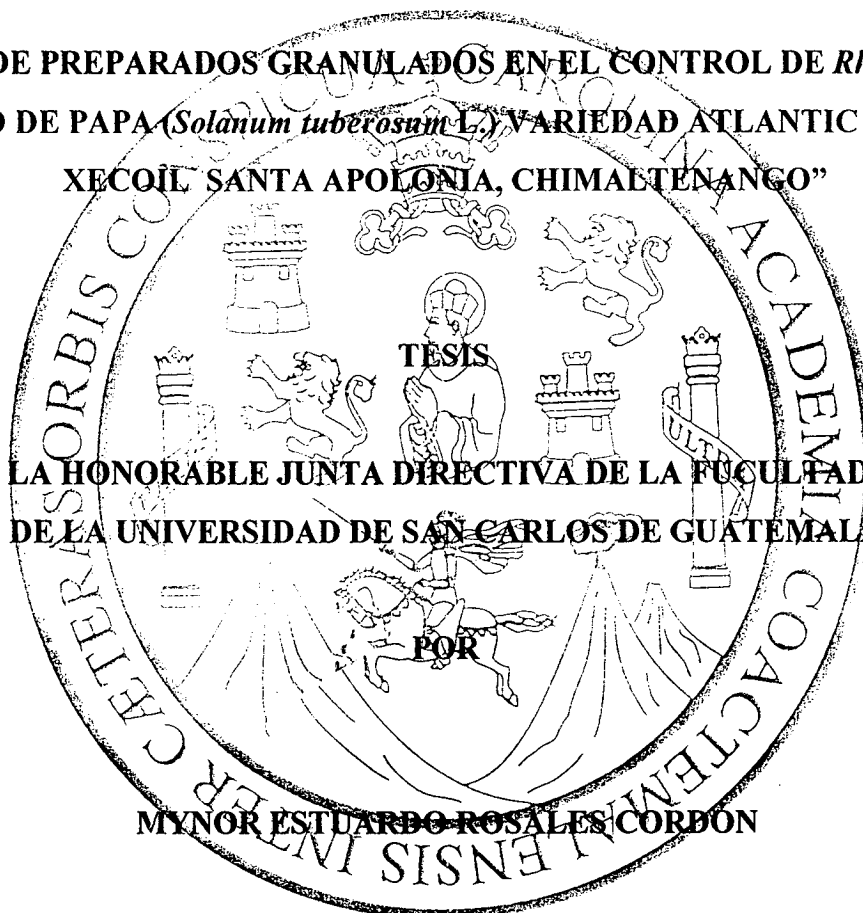


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

“EVALUACIÓN DE PREPARADOS GRANULADOS EN EL CONTROL DE *Rhizoctonia solani* EN
EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ATLANTIC EN LA ALDEA
XECOIL SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO”



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

FOR
MYNOR ESTUARDO ROSALES CORDON

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACÁDEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DEL 2003

DL

01

862513

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL CUARTO	Br. Wener Armando Ochoa Orozco
VOCOL QUINTO	Br. Juan Manuel Corea Ochoa

Guatemala, Mayo del 2003.

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

Distinguidos miembros:

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:

“EVALUACIÓN DE PREPARADOS GRANULADOS EN EL CONTROL DE *Rhizoctonia solani* EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ATLANTIC EN LA ALDEA XECOIL SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO”

presentándolo como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos académicos para su aprobación, me despido de ustedes,

Atentamente,



MYNOR ESTUARDO ROSALES CORDÓN

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Todo poderoso, supremo creador del Universo, por darme vida, entendimiento, bendiciones y sabiduría al guiar mis pasos en todo momento para alcanzar una de mis metas.

MIS PADRES: Vilma Yolanda Cordón Matta (Q.E.P.D).
José Antonio Rosales Morales.
Gracias por todo su amor, sabios consejos, innumerables esfuerzos, sacrificios y apoyo incondicional . En especial a ti madre linda, te dedico este triunfo.

MIS HERMANAS: Edna Liliana, Sandra Aracely, Lesbia Lisseth, María Elena, Ana Elizabeth y Mirna.
Por su amor, apoyo y unión; mantengámoslo siempre.

MIS CUÑADOS: Fredy Padilla, Randolpho Rodríguez, Jorge Galicia, Guillermo Muñoz, Carlos Valenzula. Por su amistad y apoyo, en especial a Fredy por sus consejos y apoyo incondicional.

MIS SOBRINOS: Paola, Alejandra, Liliana, María Stefanie, María Fernanda, Luis José, Randolf José, Luis Diego, Marlon, Guillermo José y mi ahijado Luis Carlos, a quienes amo tanto.

MI NOVIA: Jamie Williams, por su amor, comprensión y apoyo.

MIS ABUELOS: Ana Cecilia Matta (Q.E.P.D.)
Cecilio Cordón (Q.E.P.D.)
Anastacia Morales (Q.E.P.D.)
Miguel Rosales (Q.E.P.D.)
Que Dios los bendiga.

MIS TIOS: Por su confianza y apoyo.

MIS AMIGOS: Henry Godínez, Hairon López, Amadeo González, Doris de Salaverria, Gerardo Espinoza, Jorge Ceballos, Oscar Ajanel, Ing Jaime Santisteban, por sus sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS

- A:
- Mis asesores: Ing. Agr. Héctor Aldana Fernandez e Ing. Agr. José H. Calderón, por su orientación, revisión y en empeño en la elaboración de esta investigación.
- Ing. Agr. Msc. Filadelfo Guevara por su amistad, asesoría y orientación en la elaboración de este documento.
- Ing. Agr. Eswin Castañeda Orellana, Ing. Agr. Juan Pablo Maldonado, Ing. Agr. Carlos Galicia por su sincera amistad y apoyo incondicional en todo momento.
- A la empresa Bayer CropScience, por su apoyo y colaboración con los recursos en la realización de esta investigación.
- A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron con la realización de esta investigación.
- Facultad de Agronomía
- Universidad de San Carlos de Guatemala

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA.
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Marco conceptual	3
3.1.1 Características del cultivo	3
3.1.2 Clasificación taxonómica	5
3.1.3 Requerimiento de la papa	5
3.1.3.1 Clima	5
3.1.3.2 Suelo	5
3.1.3.3 Agua	5
3.1.3.4 Fertilizantes	6
3.1.4 Características de <i>Rhizoctonia solani</i>	6
3.1.4.1 <i>R. solani</i>	6
3.1.4.2 Descripción del fitopatógeno	8
3.1.4.3 Clasificación	8
3.1.5 Ciclo de la enfermedad	8
3.1.5.1 Síntomas	9
3.1.6 Etiología	10
3.1.6.1 Signos	10
3.1.7 Epidemiología	10
3.1.8 Condiciones que favorecen su desarrollo	11
3.1.9 Manejo de la enfermedad	11
3.1.9.1 Control cultural	11
3.1.9.2 Control químico	11
3.2 Marco Referencial	12
3.2.1 Localización del experimento	12

3.2.2	Ubicación geográfica	12
3.2.3	Condiciones del suelo	12
3.2.4	Clima	13
3.2.5	Características del material experimental	13
	A) Características de la variedad Atlantic	13
	B) Características de los agroquímicos evaluados	13
	a) Triadimenol	13
	b) Imidacloprid	14
	c) Pencycuron	15
	d) Carbendazim	15
	e) Propamocarb	16
4.	OBJETIVOS	17
4.1	General	17
4.2	Específicos	17
5.	HIPÓTESIS	18
6.	METODOLOGÍA	19
6.1	Diseño experimental	19
6.2	Tratamientos evaluados	19
6.3	Manejo del experimento	20
	6.3.1 Dimensiones del experimento	20
	6.3.2 Preparación del terreno	20
	6.3.3 Siembra	21
	6.3.4 Fertilización	21
	6.3.5 Riego	21
	6.3.6 Control de malezas	21
	6.3.7 Control de plagas	21
	6.3.8 Control de enfermedades	22
6.4	Variables de respuesta	22
	6.4.1 Incidencia de <i>R. solani</i> en plantas (tallos)	22
	6.4.2 Incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos	22
	6.4.3 Rendimiento	23
	6.4.4 Calidad de Tubérculos	23

6.4.5 Rentabilidad	23
6.5 Análisis de la información	24
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1 Incidencia de <i>R. solani</i> en plantas (tallos)	25
7.2 Incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos	27
7.3 Rendimiento total	29
7.4 Calidad de tubérculos de primera calidad	31
7.5 Rentabilidad	33
8. CONCLUSIONES	36
9. RECOMENDACIONES	37
10. BIBLIOGRAFIA	38
11. ANEXOS	40

INDICE DE CUADROS

	PÁGINA
CUADRO 1. Composición química de 100 gr de tubérculo de papa.	4
CUADRO 2. Tratamientos realizados para el control de <i>R. solani</i> en el cultivo de papa variedad Atlantic con fungicidas granulados en la aldea Xecoil, Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.	20
CUADRO 3A Muestreos de incidencia de <i>R. solani</i> a nivel de tallos durante el ciclo fenológico del cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	46
CUADRO 4. Análisis de varianza para la incidencia de <i>R. solani</i> en tallos de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango 2001.	25
CUADRO 5. Clasificación de los tratamientos según Tukey para la variable incidencia de <i>R. solani</i> en tallos de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	26
CUADRO 6A Muestreo del porcentaje de incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	47
CUADRO 7. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia en tubérculos provocado por de <i>R. solani</i> en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	28
CUADRO 8. Resultados de la variable incidencia en tubérculos para los diferentes tratamientos evaluados según Tukey ($\alpha 0.05$) en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.	28
CUADRO 9A Lectura de rendimiento promedio en kg/ha de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	48
CUADRO 10. Resumen del análisis de varianza de la variable rendimiento kg/ha del cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	30
CUADRO 11. Clasificación de los tratamientos según Tukey para la variable Rendimiento en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	30

CUADRO 12.	Resumen del análisis de Varianza de la variable Rendimiento de tubérculos de primera en el cultivo de papa variedad Atlantic (kg/ha).	32
CUADRO 13.	Clasificación de los tratamientos según Tukey para la variable calidad de papa de primera.	32
CUADRO 14.	Análisis de presupuestos parciales de los diferentes tratamientos evaluados para el control de <i>R. solani</i> en el cultivo de papa, variedad Atlantic en la aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.	34
CUADRO 15.	Análisis de Dominancia correspondiente a los cinco tratamientos evaluados para el control de <i>R. solani</i> en el cultivo de papa.	34
CUADRO 16.	Determinación de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) para los productos utilizados para el control de <i>R. solani</i> en el cultivo de papa variedad Atlantic.	35

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1A. Esclerosios (estado asexual) de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	40
FIGURA 2A. Daño ocasionado por <i>R. solani</i> (estado sexual) en papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	40
FIGURA 3A. Daño provocado por <i>R. solani</i> en papa variedad Atlantic, en el tratamiento testigo absoluto en la aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.	41
FIGURA 4A. Tubérculos aéreos provocados por <i>R. Solani</i> en papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	41
FIGURA 5A. Ubicación geográfica de la aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango.	42
FIGURA 6A. Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos.	43
FIGURA 7A. Número de plantas faltantes en el tratamiento testigo absoluto en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	44
FIGURA 8. Porcentaje de incidencia por muestreo de <i>R. solani</i> durante el ciclo vegetativo en tallos de papa variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	27
FIGURA 9. Porcentaje de incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos de primera y segunda calidad industrial en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	29
FIGURA 10. Rendimiento promedio total en kg/ha de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	31
FIGURA 11. Rendimiento promedio total de tubérculos de primera calidad, en kg/ha del cultivo de papa, variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.	33

“EVALUACIÓN DE PREPARADOS GRANULADOS EN EL CONTROL DE *Rhizoctonia solani* EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ATLANTIC EN LA ALDEA XECOIL SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO”

EVALUATION OF GRANULATED FORMULATIONS IN THE CONTROL OF *Rhizoctonia solani* IN POTATO (*Solanum tuberosum*) ATLANTIC VARIETY IN THE XECOIL TOWN, SANTA APOLONIA, CHIMALTENANGO

RESUMEN

La presente investigación consistió en evaluar el preparado Imidacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6 (Bayfidan Duo C 1.4 GR), el cual mostró resultados satisfactorios en el control de *R. solani*, además de poseer efectos vigorizantes que hacen que la planta sea más resistente al ataque de enfermedades, incrementando de esta forma el rendimiento, obteniendo tubérculos sanos de la enfermedad y es amigable al medio ambiente. Esta enfermedad ataca a la planta desde el momento en que germina hasta el final de la cosecha, por ello se debe de utilizar medidas adecuadas para su control como el uso de productos químicos para erradicar el patógeno y medidas culturales como la destrucción de los restos de cosecha en los cuales permanece el hongo. Los fabricantes de productos fitosanitarios realizan investigaciones constantemente con el objetivo de proveer al agricultor productos que resuelvan sus problemas y que sean rentables.

La presente investigación se llevó a cabo en la aldea Xecoil Santa Apolonia, departamento de Chimaltenango durante los meses de marzo a julio del 2001. Se utilizó un diseño de bloques al azar, se evaluando el preparado Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % (Bayfidan Duo C 1.4 GR) a dosis de 20 y 25 kg/ha, como testigos relativos a Pencycuron (Monceren 25 WP) 4. kg/ha, la mezcla de Propamocarb (Previcur 72 SL) + Carbendazim (Derosal 50 SC) y un testigo absoluto. La aplicación de los productos se realizó al momento de la siembra, incorporados en el surco a una profundidad de 15 a 20 cm, Pencycuron y la mezcla de Propamocarb + Carbendazim se aplicó con bomba de mochila en el surco, posteriormente se colocó el tubérculo y se cubrió con suelo.

Los resultados que exhibe el preparado Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % de Bayer CropScience con dosis de 20 kg/ha fueron satisfactorios en rendimiento y calidad de tubérculos para uso industrial en la elaboración de papas fritas, además de brindar efecto eficaz en la protección de la papa contra *R. solani* incrementó la producción un 55 % arriba del testigo absoluto, Pencycuron también mostró buenos resultados al presentar menor porcentaje de incidencia a nivel de tallos y tubérculos, sin embargo en rendimiento fue superado por el preparado granulado Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % a dosis de 20 kg/ha.

1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo importante debido a que es una fuente de aminoácidos, vitaminas y proteínas para la dieta alimenticia. La papa durante su ciclo vegetativo es afectada por varias enfermedades, una de las más importantes después de *Phytophthora infestans* de Bary es *Rhizoctonia solani*, para este último por su alto grado de incidencia se han tenido que realizar investigaciones para buscar métodos de control que disminuyan su efecto en el cultivo. La importancia de este fitopatógeno radica en que afecta a todas las partes de la planta; tallos, raíces y especialmente a los tubérculos (1).

Los fungicidas del grupo de los triazoles además de actuar como Fungicidas, tienen la característica que realizan una función específica en el crecimiento y desarrollo de las plantas, actuando directamente en el proceso fotosintético y metabólico de las mismas haciéndolas más eficientes y resistentes al ataque de plagas y enfermedades, estos productos desarrollan una actividad biológica muy notable contra un amplio espectro de plagas y enfermedades, además tienen un alto grado de seguridad para el entorno ecológico. El uso de fungicidas en el cultivo de papa ha sido efectivo para el control de *R. solani*, ya que disminuye considerablemente la incidencia del patógeno, incrementando el rendimiento y brindando tubérculos de primera calidad (4).

El estudio contempló la evaluación del preparado granulado a base de Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % (Bayfidan Duo C 1.4 GR) a 20 y 25 kg/ha, buscando obtener un mejor control de *R. solani*, fue comparado con productos ya existentes en el mercado como lo son (Pencycuron) Monceren 25 WP a 4.0 kg/ha, y la mezcla de Propamocarb (Previcur 72 SL) + Carbendazim (Derosal 50 SC) a 1.0 L/ha de cada uno. Para la realización del experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, cuatro tratamientos y un testigo absoluto, el cual fue ubicado en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de papa genera divisas para Guatemala, se encuentra en las zonas de Chimaltenango, Quetzaltenango, Alta y Baja Verapaz, Jalapa y Jutiapa. En el año 2001 las empresas Fillers® y Sabritas® introdujeron a Guatemala procedente de Canadá la variedad Atlantic, la cual por poseer características de forma y tamaño es utilizada para la industria con fines en la elaboración de papas fritas (french potatoes).

El principal problema que afrontan los agricultores de todas las zonas productoras de papa, es el complejo de enfermedades que afectan al cultivo, principalmente *R. solani*, que afecta al cultivo durante todo su ciclo vegetativo. El agricultor es afectado en su economía cuando en la empresa le rechazan hasta el 30 ó 40 % de su producto, esto debido a que los tubérculos presentan esclerocios en la epidermis provocados por *R. solani*, característica indeseable por la industria debido a que al momento de la fritura de la papa se observan manchas negras en su epidermis. El agricultor necesita soluciones rentables y eficaces, es por ello que las empresas Fillers® y Sabritas® en coordinación con Bayer CropScience, brindan a los agricultores productos que sean altamente eficaces para el control de *R. solani*, de esta forma el agricultor podrá tener un cultivo sano, con tubérculos de primera calidad, que no sean rechazados en la industria.

En la región del altiplano occidental de Guatemala, el cultivo de la papa es uno de los más importantes para los agricultores y para los fabricantes de productos alimenticios René y Cía. S.A, los cuales a través de sus empresas Fillers® y Sabritas® utilizan la papa variedad Atlantic para la elaboración de papas fritas, la demanda de estas industrias para el año 2,002 ascendió aproximadamente a 250,000 kilogramos, principalmente en los departamentos de Chimaltenango y Quetzaltenango para lo cual necesitan un plan fitosanitario que brinde éxito en la producción de tubérculos de primera calidad.

En ésta área los agricultores no cuentan con la asesoría necesaria para producir tubérculos de calidad industrial, lo que significa especialmente que la enfermedad conocida como costra negra o *R. solani*, disminuye la calidad de los tubérculos cuya apariencia es inaceptable en la elaboración de papas fritas. En el mercado actual existen pocos productos para darle solución a estos problemas, por lo cual la empresa Bayer CropScience S.A. en coordinación con la empresa René y Cía. S.A. y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, evaluaron los preparados granulados Imodacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6 % (Bayfidan Duo C 1.4 GR), los cuales tienen la característica de poseer un efecto satisfactorio en el control de *R. solani*, además que poseen un efecto residual amplio y propiedades fisiológicas vigorizantes (3).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Características del cultivo

La papa (*Solanum tuberosum*), pertenece a la familia de las solanáceas, es anual aunque a veces puede comportarse como perenne y herbácea, dicotiledonea, cuyo sistema radicular fibroso, puede extenderse a una profundidad de 0.48 m, pero no penetra a las capas del suelo en busca de agua. El tubérculo es una rama subterránea llamado rizoma, se adapta muy bien a climas fríos, su hábito de crecimiento puede ser rastrero, decumbente, semierecto y erecto, muy susceptible a heladas. Aproximadamente 30 a 60 días después de la siembra inicia la formación de tubérculos (6).

La papa es típicamente un cultivo propio de regiones frías o templadas y altitudes de 2,000 msnm ó más en los trópicos. El cultivo requiere de noches frías y suelos bien drenados con humedad adecuada. A bajas altitudes en ambientes trópicos cálidos no produce bien. La papa puede propagarse por semilla botánica vegetativa, es una planta dicotiledónea herbácea anual, potencialmente perenne debido a su capacidad de reproducción por tubérculos (14).

Las hojas de la papa están distribuidas en espiral sobre el tallo, normalmente son compuestas. Las flores son pentámeras, con estilo y estigma simple, ovario bilocular, su inflorescencia es simosa, la corola de la flor puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo o morado en distintas tonalidades, el polen es típicamente de dispersión por el viento, la autopolinización se realiza en forma natural siendo los insectos los responsables, los frutos son de forma ovalada, de color amarillento (6).

El contenido de agua del tubérculo fresco íntegro varía entre 63 y 87 %; los hidratos de carbono entre 13 y 30 %, proteína entre 0.7 y 4.6 %; grasas entre 0.02 y 0.96 % y cenizas entre 0.44 y 1.9 % (Cuadro 1) (13).

Las plantas pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Las hojas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidas a tratamiento con hormonas (6).

Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares, verdes, son herbáceos aun cuando en etapas avanzadas de desarrollo la parte inferior puede ser relativamente leñosa aunque pueden ser de color rojo purpúreo aún en etapas avanzadas de desarrollo la parte inferior puede ser relativamente leñosa, 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 (21).

Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un sólo tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos pueden producir varios tallos (18).

Las plantas procedentes de semilla botánica poseen raíz principal filiforme con ramificaciones laterales, dos cotiledones, producen tubérculos pequeños de aproximadamente 1.5 cm. Las plantas procedentes de semilla asexual o tubérculo no tienen raíz principal ni cotiledones, nace de una yema, raíces adventicias en grupos de tres o cuatro nudos de tallo subterráneo, raíz muy ramificada y cortas con sistema absorbente eficaz (15).

El tubérculo se forma en la parte del estolón (rizoma), como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que resulta de un rápido desarrollo y división celular, este desarrollo constituye aproximadamente 64 veces de aumento en el volumen de la célula (13).

Cuadro 1. Composición química de 100 gr de tubérculo de papa (9).

COMPONENTE	CONTENIDO (gr)
Agua	76.7
Proteínas	1.9
Grasas	0.1
Hidróxido de carbono	19.3
Fibra	1.0
Cenizas	1.0
Calcio	0.004
Fósforo	0.026
Hierro	0.0011
Tiamina	0.00008
Riboflavina	0.00009
Niacina	0.001
Ácido ascórbico	0.02

3.1.2 Clasificación taxonómica (13).

Reino: Plantae
Familia: Solanacea
Género: *Solanum*
Especie: *S. tuberosum*

3.1.3 Requerimientos de la papa

3.1.3.1 Clima

La papa requiere de temperaturas frescas que oscilen entre 15 y 20 °C, aunque deja de crecer a temperaturas inferiores a 6 u 8 °C. La parte aérea es relativamente sensible a heladas tardías, y sufre daños a partir de -2 °C (15).

La precipitación pluvial debe ser mayor de 500 mm distribuidos durante todo el ciclo vegetativo; se adapta a alturas que van desde el nivel del mar hasta los 3,000 metros de altura (15).

3.1.3.2 Suelo

La papa prefiere suelos ligeros o semi-ligeros, silíceo-arcillosos, de buena permeabilidad, ricos en materia orgánica y con un subsuelo profundo, buena fertilización, buen drenaje, un pH de 4.8 a 7.5 y topografía plana a ligeramente ondulada (9).

Se puede producir papa en suelos arcillosos, aunque los riesgos de pérdida por factores climáticos son mayores, hay más pérdida por tubérculos deformes y más gasto de preparación de tierra y labores de cosecha (16).

3.1.3.3 Agua

Existe muy poca información relacionada con las necesidades de agua para el cultivo de papa en el país, ya sea en forma de precipitación o en forma de riego artificial, sin embargo, se puede indicar que un cultivo de papa localizado a 3,000 msnm, la media óptima de agua sería de unos 500 a 600 mm distribuida en forma más o menos uniforme a lo largo del ciclo vegetativo, un exceso de agua al término de la fase de aumento del tamaño hace que los tubérculos se pudran con facilidad, mientras que su carencia los hace madurar prematuramente. La etapa crítica durante la cual no debe faltar agua corresponde al período de tuberización- floración (9).

El requerimiento en agua se estima entre 3 y 5 mm diarios como promedio, aunque esta cifra depende del poder de retención hídrica del suelo, la evapotranspiración y el crecimiento de la vegetación. En función de estos datos y del régimen de lluvias, se pueden establecer las necesidades de riego del cultivo (9).

3.1.3.4 Fertilizantes

La fertilización se reparte entre el abonado de fondo y el de cobertura. En la fertilización de fondo se aplican entre 20 y 30 t/ha de estiércol bien descompuesto, 150 kg/ha de Nitrógeno en forma amoniacal, 150 kg/ha de P_2O_5 y 300 kg/ha de K_2O . Como abono de cobertura se aplican durante el aporcado unos 100 kg/ha de Nitrógeno en forma nítrica (13).

3.1.4 Características de *R. solani*

3.1.4.1 *Rhizoctonia sp.*

R. solani (estado imperfecto), *Thanatephorus cucumeris* (Franck) Donk (estado perfecto) es un patógeno de numerosos cultivos y malezas en todo el mundo, posee patogenicidad selectiva, es común en todas las regiones donde se cultiva papa (13).

Este hongo afecta la mayoría de las zonas productoras de papa, favoreciéndose más su desarrollo en los suelos húmedos y fríos. Es provocada por el hongo *R. solani*, afecta brotes, estolones y tallos subterráneos de la papa, la diseminación se efectúa por la semilla, suelo infestado, implementos agrícolas y aguas de riego (16).

Los signos característicos de la enfermedad son costras negras (esclerocios) sobre los tubérculos (Figura 1A). Bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad, la fase sexual del hongo puede evidenciarse en forma de una cubierta algodonosa alrededor del cuello de la planta (Figura 2A) (16).

En cuanto a los síntomas, estos aparecen principalmente en forma de marchitamiento y enrollamiento de las hojas más altas (Figura 3A), clorosis foliar, formación de tubérculos aéreos (Figura 4A), brotes axilares lesiones de color café parduscos ligeramente hundidas en los tubérculos, raíces, estolones y tallos (16).

Los tubérculos presentan pequeñas costras duras, de color pardo o negro que semejan partículas de lodo o barro (Figura 1A). Cuando son utilizadas para semilla, el punto de crecimiento puede morir. Si las plantas son infectadas en crecimiento pueden verse los tallos podridos en el cuello al nivel del suelo, dando como resultado la formación de tubérculos rojizos o verdosos y de tamaño pequeño (7).

R. solani es una enfermedad que se presenta en todas las zonas paperas, se propaga a partir de restos de cosecha o de esclerocios en el suelo o en los tubérculos. Empieza por invadir los brotes (fase aguda), más tarde en la fase crónica produce cánceres en tallos y estolones, y pequeños esclerocios negros y duros que se forman en los tubérculos con la humedad del suelo y no desaparecen de las papas al lavarlas. Los esclerocios no sólo persisten en las papas de siembra, sino que infestan los suelos y son, junto con el micelio presente en los restos de la cosecha, la fuente de inóculo más importante de esta enfermedad (3).

Rhizoctonia se clasificó en el grupo de *Micelia sterilia*, de los que no se conocían las fructificaciones sino únicamente el micelio. Ahora se sabe que sí llega a multiplicarse por basidiosporas, y en su forma sexual se le llama *Thanatephorus cucumeris* pero su reproducción sexual ocurre raramente y no juega un papel importante. En compensación el hongo presenta un fenómeno llamado anastomosis (eventual fusión de hifas del hongo, en la que ocurre un intercambio de núcleos y recombinación genética), en el cual ocurre cruzamiento de las hifas del hongo, con intercambio cromosomático y creación de cepas diferentes entre sí, a estas se les conoce como grupos de anastomosis, en la práctica se diferencian por sus plantas hospederas, o sea que atacan a diferentes cultivos y por su sensibilidad a los fungicidas que se emplean para su control (2).

De los probables trece grupos anastomóticos actuales solamente dos tienen importancia para la papa, son el AG 3 y AG 4. Se han realizado estudios en México donde la frecuencia del grupo anastomótico AG 3 alcanzando una frecuencia de ataque que oscila entre el 70 y 90 %, mientras que el grupo AG 4 oscila entre el 4 y 30 % de frecuencia de ataque en el cultivo de papa (3).

En Centro América y el caribe el problema de *R. solani* a incrementado considerablemente, hay reportes que indican que para el año 2000 un 50 % de los paperos han sido afectados por esta enfermedad, la cual disminuye sus producciones.

En pruebas realizadas con Pencycuron (Monceren 25 WP) en México en los estados de sonora, Mochis y Guanajuato se reportan buenos resultados en experimentos con este fungicida para el control de *R. solani*, *Streptomyces*, *Spongospora*, *Helminthosporium*, *Colletotrichum* y *Fusarium*, principalmente en los grupos anastomóticos de *R. solani*. Con los preparados granulados no se han hecho estudios anteriores para el control de *R. solani*, hasta el año 2001. La empresa Bayer CropScience realizó evaluaciones con los preparados granulados con meristemas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (2001) para el control de esta enfermedad, obteniendo buenos resultados para el control de *R. solani* con dosis de 4 kg/ha (4). Con el grupo de los triazoles en años anteriores se han realizado estudios en Guatemala a través del

departamento de Investigación de Bayer CropScience en el cultivo de banano para el control de Sigatoca negra *Micosphaerella fijiensis*, además en café para el control de la Roya (*Hemileia vastatrix*), obteniendo resultados satisfactorios.

3.1.4.2 Descripción del fitopatógeno

3.1.4.3 Clasificación (1)

Reino: Fungi
Phyllum: Deuteromicota
Clase: Deuteromicete
Orden: *Micelia sterilia*
Género: *Rhizoctonia*
Especie: *R. solani*

3.1.5 Ciclo de la enfermedad

El hongo generalmente se encuentra en el suelo, se puede propagar también por medio de semilla infectada, es por ello que es muy importante la desinfección tanto del suelo como de la semilla antes de la siembra para evitar que la enfermedad se propague en todo el cultivo, para ello es necesario el uso de productos químicos (1).

El patógeno *R. solani* vive principalmente en forma de micelio que es incoloro cuando pasa de su etapa juvenil, pero se torna amarillo o color café claro conforme madura (1).

El micelio consta de largas células y produce ramificaciones que crecen casi en ángulos rectos con respecto a la hifa principal. El patógeno inverna casi siempre en forma de micelio o esclerocios en el suelo en plantas perennes o en órganos como los tubérculos de papa. Se encuentra presente en la mayoría de los suelos y al establecerse en un campo permanece por tiempo indefinido. El hongo se propaga con la lluvia y el riego, así como con los órganos de propagación infectados o contaminados. La temperatura óptima para que se produzca la infección se encuentra entre 15 a 18 °C (1).

La enfermedad es más severa en suelos que son moderadamente húmedos que en suelos que son secos o se encuentran inundados. La infección de las plantas jóvenes es más severa cuando el crecimiento de la planta es lento debido a las condiciones adversas para su desarrollo (1).

El patógeno se mantiene de un ciclo a otro en forma de esclerocios en el suelo y sobre los tubérculos

o como micelio en los restos vegetales. En el invierno cuando las condiciones son generalmente favorables, los esclerocios germinan e invaden los tallos de papa o los brotes emergentes, especialmente a través de heridas. Durante la etapa de crecimiento de las plantas, tanto las raíces como los estolones son invadidos a medida que van desarrollando. La formación de esclerocios sobre los tubérculos nuevos se realiza en cualquier momento, dependiendo de las condiciones ambientales, sin embargo, el desarrollo máximo ocurre después de que ha muerto la planta, cuando los tubérculos permanecen aún enterrados (13).

3.1.5.1 Síntomas

En la superficie de los tubérculos se forman esclerocios de color negro o castaño oscuro, estos pueden ser chatos y superficiales o grandes e irregulares en forma de terrones, por eso se le llama comúnmente "costra negra". Generalmente la epidermis del tubérculo por debajo de los esclerocios no presenta ninguna anomalía. Otros síntomas en los tubérculos incluyen agrietaduras, malformaciones, concavidades y necrosis en el extremo de unión con el estolón.

Los daños más severos a la planta se producen en el invierno, poco después de la siembra; el hongo daña los brotes subterráneos retardando o anulando su emergencia, especialmente en suelos fríos y muy húmedos lo que da como resultado campos con fallas, desigualdad en el crecimiento, plantas débiles y por lo tanto reducción en el rendimiento (13).

Los brotes que llegan a emerger también se infectan, chancros en los tallos en desarrollo, los que a menudo presentan depresiones profundas que llegan a estrangularlos produciendo su colapso. El estrangulamiento parcial de los tallos puede suscitar una gran diversidad de síntomas, incluyendo retardo en el desarrollo de la planta, arrocetamiento del ápice, necrosis cortical del tejido leñoso, pigmentación púrpura de las hojas, formación de tubérculos aéreos, enrollamiento de las hojas hacia arriba y a menudo clorosis y amarillamiento que se manifiesta con mayor severidad en la parte apical de la planta (13).

Las lesiones que se forman en los estolones son de color castaño rojizo y provocan la muerte de los mismos, hay malformación de los tubérculos. *Rhizoctonia* produce una toxina con efecto regulador del crecimiento, la cual puede ser parcialmente responsable de las malformaciones y muchas veces la planta produce tubérculos en el follaje. Los tubérculos atacados severamente por *Rhizoctonia* desarrollan con frecuencia malformación que no está ligada directamente al ataque del hongo en sí, se cree que ésta condición es consecuencia del desarrollo miceliano del hongo y en el extremo del tubérculo que está todavía muy joven, crecimiento retardado del tejido que se encuentra debajo del área de infección. Las raíces también

son atacadas y destruidas, dando como resultado plantas con sistema radicular muy pobre. La destrucción de las raíces puede ser consecuencia del estrangulamiento del tallo, lo que impide la traslocación de las sustancias fotosintéticas (13).

El estado sexual (estado perfecto), se presenta en la superficie de los tallos, exactamente por encima de la línea del suelo, formando una capa tenue blanca sobre la que se originan las basidiosporas y le dan a la superficie una apariencia polvorienta. La capa fungosa se desprende fácilmente al frotarla entre los dedos y el tejido que se presenta por debajo de ella se presenta sano (13).

En los tubérculos de papa, aparecen pequeños esclerocios negros y endurecidos sobre la superficie o bien un arrosamiento o sarna en roseta en la cual la cáscara se endurece (1).

En tallos y raíces suculentos y carnosos así como en tubérculos, y otros órganos, *R. solani* produce áreas podridas pardas que pueden ser superficiales o extenderse a la parte central de la raíz o tallo (1).

3.1.6 Etiología

El organismo causal de *Rhizoctonia* o costra negra en papa es *R. solani*, se caracteriza por su micelio con largas células, con pequeños esclerocios negros y endurecidos sobre la superficie del tubérculo, además puede atacar raíces y tallos produciendo una especie de telaraña blanca sobre la superficie de éstos (1).

3.1.6.1 Signos

Rhizoctonia posee micelios transparentes y oscuros, las células del micelio usualmente largas, cuerpos de células asexuales con ausencia de conidias. Esclerocio claro coloreado y probablemente formado en algunas especies café o negro, parasitario principalmente en raíces y otras partes subterráneas (3).

3.1.7 Epidemiología

La población de *Rhizoctonia* en el suelo puede incrementarse cuando se cultiva papa en el mismo campo sucesivamente o si las rotaciones son muy eventuales. El usar semilla fuertemente contaminada de esclerocios también favorece el incremento del inóculo en el suelo (13).

Las condiciones ambientales que favorecen al patógeno son temperatura baja y alto nivel de humedad. El óptimo para el desarrollo de la enfermedad es 18°C, disminuyendo cuando la temperatura del suelo aumenta. Los niveles altos de humedad y sobre todo la falta de drenaje, tienden también a incrementar la formación de esclerocios sobre los tubérculos recién formados.

No todos los esclerocios que se encuentran sobre los tubérculos tienen capacidad patogénica como para infectar los tallos y estolones, sino que varían de formas avirulentas, moderadamente virulentas a muy virulentas (13).

3.1.8 Condiciones que favorecen su desarrollo

Entre las condiciones que favorecen su desarrollo están:

- A. Escasa rotación de cultivos.
- B. Rotar hacia cultivos susceptibles.
- C. Siembras en zonas frías.
- D. Suelos muy húmedos.
- E. Falta de drenaje.
- F. Semilla infectada y almacenaje con tierra. (3)

3.1.9 Manejo de la enfermedad

El tratamiento de la semilla no es efectivo en suelo altamente infestado, usar semilla libre de la enfermedad como medida combinada con el tratamiento de la semilla con fungicidas sistémicos da resultados excelentes, además los tratamientos del suelo con productos químicos reducen el inóculo (3).

3.1.9.1 Control Cultural

El control cultural para la enfermedad consiste en la extracción de los residuos de cosecha del suelo, rotación de cultivos, uso de semillas sanas, elaboración de canales para que exista un buen drenaje y limpiar la semilla que se almacenará para la próxima siembra (3).

3.1.9.2 Control químico

El uso de productos químicos es efectivo cuando se utilizan adecuadamente, *R. solani* es un hongo que inverna en el suelo. El uso de fungicidas comenzó después de la invención de caldo bordelés (15).

Las sustancias químicas actúan reduciendo, desplazando o eliminando el inóculo en su fuente (erradicación); previniendo las enfermedades de las plantas (protección); o curándolas (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 utilizar 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 (15).

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 (3).

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 los problemas fitosanitarios se puede lograr mediante el uso de nematicidas, insecticidas, herbicidas o bactericidas.

Muchas sustancias químicas son diferencialmente tóxicas o inhibidoras de los organismos, este es un aspecto esencial del control químico de las enfermedades de las plantas. Muchas sustancias químicas deben ser menos tóxicas a la planta cultivada que a los organismos que se pretende combatir. Esta toxicidad esencial es la razón del gran incremento en el uso de fungicidas orgánicos desde 1,940 (3).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en la aldea Xecoil Santa Apolonia Chimaltenango, a 93 Km de distancia de la ciudad capital por la carretera interamericana CA-I. Es necesario ingresar por el kilómetro 88 y continuar 5 Km en camino de terracería (Figura 5A) (11).

3.2.2 Ubicación geográfica

Su ubicación geográfica es 14°46'33'', y Latitud Norte 90°57'10'' Longitud Oeste, presenta una altitud de que oscila entre 2,100 y 2,310 msnm (7).

3.2.3 Condiciones del suelo

Según Simons *et al.* (22), señalan que la serie de suelos que predominan en el área son de la serie Tecpán, y estos se caracterizan por ser profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca, porosa, y de grano relativamente fino en un clima frío húmedo-seco. El suelo superficial a una profundidad de 0.4 m es franco arcilloso-arenoso de color café a café-oscuro. El contenido de materia orgánica es bajo regular (2 %) y fertilidad natural, con abastecimiento regular de humedad, han estado

intensamente cultivados desde hace mucho tiempo.

Los suelos del área son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, casi plano a ondulado, presentan buen drenaje, son de color café oscuro, franco arenosos friables, textura y consistencia, capacidad de abastecimiento de humedad regular, fertilidad natural regular (10).

3.2.4 Clima

La precipitación promedio es de 950 mm anuales, la estación lluviosa efectiva se inicia a finales del mes de mayo, terminando a mediados del mes de octubre, con una duración estimada de 135 días, en la que se recibe el 68 % del total de la precipitación. La temperatura media es de 16.4 °C siendo las temperaturas máximas de 25 °C y las mínimas de -4 °C (13).

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (12), la zona de vida es Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh – MB).

3.2.5 Características del material experimental

A) Características de la variedad Atlantic (15)

- a. Tubérculos ovalados
- b. Pulpa blanca
- c. Planta erecta, con hojas grandes
- d. Flores lavanda (morado claro)
- e. Alto rendimiento potencial
- f. Alta susceptibilidad a plagas y enfermedades de toda la planta
- g. Su mercado es excelente para hojuelas o papas fritas
- h. Ciclo del cultivo 90 – 120 días (15).

La planta es mediana a grande, crecimiento rápido, alcanza su madurez de 90 a 100 días, su mercado es excelente para hojuelas o papas fritas (15).

B) Características de los agroquímicos evaluados

a) Triadimenol (3)

Fungicidas del grupo de los compuestos azólicos que poseen propiedades sistémicas. Existen formulaciones que se pueden usar como desinfectantes de semillas y como productos de aspersión, además

en aplicaciones al suelo, intervienen en la epidemiología inicio-desarrollo y distribución de las enfermedades.

El triadimenol como desinfectante de semillas posee una acción excelente contra *Tilletia spp.* y *Ustilago spp* así como *Urocystis spp.* Como el ingrediente activo es transportado desde el grano a las hojas jóvenes también controla infecciones transmitidas por el viento como la infección temprana del oídio (*Erysiphe graminis*) En banano el triadimenol se aplica al suelo y al follaje contra Sigatoka amarilla y S. Negra (*Mycosphaerella musicola* y *M. Fijiensis*), así como en el café contra la roya (*Hemileia vastatrix*).

Posee las siguientes características (3):

- i. Nombre comercial: Bayfidan
- ii. Toxicidad: La DL₅₀ oral en ratas es de aproximadamente 700 mg/kg de peso corporal, no es tóxico para abejas y aves.
- iii. La DL₅₀ cutánea aguda superior a 5000 mg/kg de peso corporal.
- iv. Degradación: La degradación del triadimenol en el suelo se produce preponderantemente por vía microbiana. La luz también acelera la degradación de los residuos del triadimenol.

b) Imidacloprid (3)

El imidacloprid pertenece al nuevo grupo de ingredientes activos, denominado cloronicotinilos. Tiene escasa toxicidad para animales de sangre caliente, excelentes propiedades sistémicas y un notable efecto residual.

La acción del imidacloprid se basa en su interferencia en la transmisión de estímulos en el sistema nervioso de insectos, actúa por contacto e ingestión, salvo la fase gaseosa.

Debido a su excelente acción sistémica puede emplearse formulado como desinfectante de semillas, tratamiento de follaje y del suelo.

El imidacloprid tiene un amplio espectro de acción, especialmente contra insectos chupadores, tales como áfidos o pulgones en general, cigarras, trips y moscas blancas. Además controla eficazmente diversas especies de Coleópteros (*Atomaria sp.*), *Leptinotarsa sp*, *Lema oryzae*), dípteros (*Oscinella frit* y *Pegomyia*), contra ácaros el imidacloprid es ineficaz.

- i. Denominación química: 1-(6 cloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine.
- ii. Toxicidad: DL₅₀ Oral: 450 mg/kg peso vivo en ratas, es peligroso para abejas.
- iii. DL₅₀ dérmica: muy bajas ratas 5000 mg/kg peso vivo sin mostrar ningún síntoma de intoxicación.

c) Pencycuron (Monceren 25 WP) (3)

El Pencycuron es un fungicida no sistémico, dotado de largo efecto protector, se utiliza para el control de *R. solani*, este hongo provoca la viruela de la papa, tiene buena compatibilidad con las plantas, se puede aplicar directamente en el suelo. Se distingue por su acción específica sobre hongos del complejo *R. solani*, merece destacarse sobre todo, el buen efecto contra la enfermedad del arroz conocida como "Sheath blight" ó tizón de la espiga. Pencycuron (Monceren 25 WP) combate muy eficazmente el hongo *R. solani* como patógeno de la viruela de la papa, también causante de la necrosis de varias plantas ornamentales y otras. Además de *R. solani*, Pencycuron tiene un buen control patógenos como *Streptomyces*, *Spongospora*, *Helminthosporium* y *Colletotrichum*. Enfermedades de la necrosis provocadas por hongos provenientes del suelo como *Pythium* y *Fusarium* no son controladas por este producto, para tener un control simultáneo es necesario combinar Pencycuron con otros productos.

Posee las siguientes características (3):

- i. Denominación química: N-(4-clorobencil)-N-ciclopentil-N -fenilurea-N-(4-chlorophenyl)- methyl - N-cyclopentyl-N -phenylurea.
- ii. Denominación del grupo: Pencycuron.
- iii. Nombre comercial: Monceren 25 WP.
- iv. Toxicidad Oral: DL₅₀ en ratas mayor de 5,000 mg/kg.
- v. Toxicidad Cutánea: DL₅₀ en ratas mayor de 2,000 mg/kg (tiempo de exposición 2 hr).
- vi. Dosis : En papa se recomienda 25 g/100 kg de tubérculo.
- vii. Espectro de Acción: Tiene un amplio campo de aplicación en papa, arroz, plantas ornamentales, algodón y otras hortalizas.

d) Carbendazim (Derosal 50 SC) (3)

Es un fungicida sistémico con traslocación acrópeta, acción protectora y curativa. Posee un control preventivo y curativo de enfermedades foliares y de la raíz. Tiene un amplio espectro de control contra enfermedades de varios cultivos como café, cítricos, cucurbitáceas y hortalizas. Entre las enfermedades que controla tenemos: *Pyricularia spp.*, *Colletotrichum coffeanum*, *Mycena citricolor*, *Botritis spp.*, *Cercospora spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium spp.* Etc.

Los benzimidazoles controlan muchos Ascomycetes y Deuteromycetes, algunos Basidiomycetes

peron ningún Phycomyceto (Oomyceto). La selectividad de los benzimidazoles es la causa de la seguridad para los animales, abejas y plantas, al mismo tiempo que muestra una alta actividad contra ciertos patógenos, algunos insectos como también ácaros, pero no se dirige específicamente a estos últimos por el alto grado de resistencia que crea contra insectos. El modo de acción se da en el bloqueo del núcleo de las células de hongos, es responsable del efecto como fungicida. Carbendazim interrumpe la mitosis, inactivando la spindula, compuesta por microtubulos. Carbendazim esta vinculado a la Tubulina que es el mayor componente de los microtúbulos. Carbendazim es un inhibidor efectivo de la asamblea de la tubulina. Estos efectos se observan en los ápices de las hifas, resultando un ensanchamiento del ápice, reducción del crecimiento y freno en la metafase durante la mitosis.

- i. Composición química: Metil-2-benzimidazoil carbamato.
- ii. Toxicología: Tóxico para aves, abejas, peces y crustáceos.
- iii. Nombre comercial: Derosal 50 SC.
- iv. Compatibilidad: Es compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común, no mezclar con caldo bordelés y caldo sulfocálcico.
- v. Toxicología: DL_{50} Oral > 5000/kg (rata)
- vi. DL_{50} Dermal > 5000 mg/kg (rata)
- vii. Tóxico para peces y crustáceos, no tiene antídoto.

e) Propamocarb (Previcur 72 SL) (3)

Es un fungicida de acción sistémica, con efecto tanto preventivo como curativo; es absorbido por las raíces y transportado acropetalmente, también penetra a través de las hojas y su movimiento es acrópeta para proteger el nuevo crecimiento. Propamocarb influye en la síntesis de fosfolípidos y ácidos grasos, actuando sobre la permeabilidad de la membrana celular, inhibe la formación y germinación de las Oosporas, el tubo germinativo y del micelio, adicionalmente estimula los sistemas de defensa de la planta. En mezcla con Derosal controla *Verticillium spp*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Sclerotium spp.*, *Rhizoctonia spp.* y *Pythium spp.* (4)

- i. Denominación química: Propil-3-(dimetilamino) propilcarbamato.
- ii. Denominación del grupo: Propamocarb.
- iii. Nombre comercial: Previcur 72 SL.
- iv. Toxicología: Es tóxico para aves, peces y crustáceos.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Mejorar la calidad de los tubérculos de papa para uso industrial en la elaboración de papas fritas, a través de la aplicación de los preparados Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % (20 y 25 kg/ha), Propamocarb (Previcur 72 SL) + Carbendazim (Derosal 50 SC) en mezcla (1 L/ha de cada uno) y Pencycuron (Monceren 25 WP) 4 kg/ha para el control de *R. solani* en el cultivo de la papa.

4.2 Específicos

- 4.2.1. Evaluar si el uso de productos mejoran la calidad industrial y rendimiento en el cultivo de papa variedad Atlantic.
- 4.2.2. Evaluar si el uso de preparados granulados disminuye el porcentaje de incidencia de *R. solani* en la planta a nivel de tallos y tubérculos durante el ciclo fenológico del cultivo.
- 4.2.3. Determinar si el uso de productos para el control de *R. solani* es rentable.

5. HIPÓTESIS

Por lo menos uno de los preparados granulados será económicamente más factible de utilizar que al no aplicar ningún producto para el control de *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic.

F. METODOLOGÍA

Para poder evaluar el efecto de los tratamientos que se plantean en esta investigación, para el control de *R. solani* se utilizó la siguiente metodología:

6.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, debido a que el terreno poseía una gradiente de variabilidad en un solo sentido (pendiente del suelo). El experimento estuvo conformado por tres repeticiones, en el que cada bloque lo conformaban los cinco tratamientos evaluados, lo cual constituyó un total de quince unidades experimentales. Los bloques se ubicaron perpendicularmente a la pendiente. En cada bloque se incluyó un testigo absoluto sin ninguna aplicación de productos al suelo, únicamente se le aplicaron fungicidas e insecticidas al follaje para control de enfermedades como *Phytophthora infestans* y *alternaria solani*, plagas como *Empoasca spp.*, *Diabrotica spp.* y *Lyriomiza spp* (Figura 2A).

6.2 Tratamientos evaluados

Las aplicaciones de Pencycuron (Monceren 25 WP 4 kg/ha), la mezcla de Propamocarb (Previcur 72 SL 1 L/ha) y Carbendazim (Derosal 50 SC 1 L/ha) se aplicaron con bomba de mochila antes de colocar los tubérculos en el surco previo a la siembra, los preparados granulados con dosis de 20 y 25 kg/ha de cada uno, se aplicaron al voleo sobre el surco, luego se colocaron los tubérculos a un distanciamiento de 0.3 m entre planta y 1.0 metros entre surco, las mezclas de Propamocarb + Carbendazim, a una dosis de un litro de producto comercial de cada uno de ellos, el Pencycuron se aplicó a una dosis de 4 kg/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos realizados para el control de *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic con fungicidas granulados en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

No.	TRATAMIENTO	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS
1	Testigo	---	---
2	Propamocarb	Previcur	1 L/ha
	Carbendazim	Derosal	1 L/ha
3	Pencycuron	Monceren 25 WP	4 kg/ha
4	Imidacloprid 0.8	Bayfidan Duo C 1.4 GR	20 kg/ha
	Triadimenol 0.6		
5	Imidacloprid 0.8	Bayfidan Duo C 1.4 GR	25 kg/ha
	Triadimenol 0.6		

6.3 Manejo del experimento

6.3.1 Dimensiones del experimento

La unidad experimental que se utilizó fue de 42.23 m², teniendo cada parcela 10 surcos de 4.1 metros de largo, y un distanciamiento entre surco de 1.0 m, y 0.3 m entre planta. Entre bloques se tomó un distanciamiento de 0.5 m. La parcela bruta fue de 830.55 m² y la parcela neta de 717.55 m². Se tomó como parcela neta los ocho surcos centrales de cada bloque, a los cuales se les eliminó tres plantas en cada extremo por el efecto de borde (Figura 6A).

6.3.2 Preparación del terreno

Esta actividad se desarrolló quince días antes de la siembra iniciándose con el trazo total del área, luego se realizó un paso de arado y rastra con tractor, rompiendo el suelo a una profundidad aproximada de 0.3 - 0.4 m, ya preparado el suelo se efectuó el trazo de las parcelas experimentales y fueron distribuidas al azar.

6.3.3 Siembra

La siembra se realizó en el mes de marzo que es la época en la cual siembran los agricultores de la zona, lo cual permite aprovechar la época lluviosa para tener disponibilidad de una buena humedad, se colocó el tubérculo con brotes, la semilla fue proporcionada por los productores de Sabritas[®], con un costo de Q. 150.00 el quintal por ser una semilla certificada, se sembró en surcos a 0.2 m de profundidad, con 0.3 m entre planta y 1.0 m entre surcos.

6.3.4 Fertilización

La primera fertilización se realizó al momento de la siembra, incorporando 318.5 kg/ha del fertilizante fertipapa, como iniciador 21-10-25 que además de contener nitrógeno, fósforo y potasio también tiene elementos menores como calcio, boro y zinc que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta. A los 45 días después de la siembra se aplicó un fertilizante completo 17-0-28 con 318.5 kg/ha, más gallinaza al surco a razón de 1,818.18 kg/ha. Estas cantidades se utilizan debido a que los suelos de la zona son pobres en materia orgánica, quince días después de que los brotes salieron a la superficie del suelo se realizaron aplicaciones de fertilizante foliar Bayfolan Forte cada siete días a razón de dos litros por hectárea.

6.3.5 Riego

Durante todo el ciclo del cultivo no se utilizó ningún sistema de riego, para el desarrollo del cultivo solo se contó con la humedad de la época lluviosa.

6.3.6 Control de Malezas

Para el control de malezas se utilizó el herbicida preemergente Metribuzina (Sencor 70 WP) 0.56 kg/ha, el cual es selectivo para el cultivo de papa la aplicación se realizó con bomba de mochila dirigido al suelo, se hicieron dos aplicaciones, una al momento de la siembra y la otra a los cuarenta y cinco días después de la siembra.

6.3.7 Control de Plagas

El control de plagas inséctiles se empezó a realizarse 15 días después de la emergencia de brotes se efectuaron aplicaciones foliares intercalando Thiaclofid + Betaciflutrin (Monarca 11.25 EC) 0.6 L/ha, y

Piretroide ciflutrina (Baytroid 2.5 EC) 0.3 a 1.4 L/ha. En cada aplicación se utilizó Adherente 810 (0.30 L/ha) para un total de nueve aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

6.3.8 Control de enfermedades

La variedad Atlantic es muy susceptible, principalmente a *Phytophthora infestans* de Bary y *Alternaria solani*, para el cual se utilizaron fungicidas para el control de estos microorganismos cuando el cultivo tenia un 5 % aproximadamente de incidencia, con un intervalo de 4 a 8 días entre aplicación especialmente cuando las condiciones fueron favorable para el desarrollo de estas enfermedades, fue necesaria la aplicación de fungicida Propineb (Antracol 70 WG) 2.0 kg/ha (cuatro aplicaciones), Oxiclóruo de cobre (Cupravit Azul) 2.5 kg/ha (una aplicación), y curativos para tizón como Propineb + Iprovalicarb (Positron Duo 69 WP) 2.0 kg/ha (dos bloques de dos aplicaciones cada 15 días).

6.4 Variables de respuesta

6.4.1 Incidencia de *R. solani* en plantas (tallos)

La incidencia se define como el porcentaje de daño provocado por el hongo en un área del cultivo durante su ciclo fenológico.

Para la toma de datos de esta variable se realizaron tres muestreos durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, el primer muestreo a los 30 días después de la siembra, el segundo a los 50 dds y el tercero a los 70 dds, observando el número de plantas afectados por la enfermedad con la presencia de micelio en el tallo a nivel del suelo, expresando el valor en porcentaje, se utilizó la fórmula siguiente (19):

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{\# de plantas afectadas por } R. \text{ solani por hectárea}}{\text{\# de total de plantas por hectárea}} \times 100$$

6.4.2 Incidencia de *R. solani* en tubérculos

La cuantificación de esta variable se realizó al momento de la cosecha en los tubérculos de primera calidad, observando el número de tubérculos con presencia de esclerocios (estado asexual de *R. solani*) en la epidermis, expresando el resultado en kg/ha de tubérculos afectados. Se utilizó la fórmula siguiente para determinar el porcentaje de incidencia (19):

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\# \text{ de tubérculos afectados (Kg/ha)}}{\# \text{ de total tubérculos (Kg/ha)}} \times 100$$

6.4.3 Rendimiento

Al momento de la cosecha se estimó el peso total de tubérculos por tratamiento, incluyendo tubérculos de primera (mayores de 8 cm de longitud), segunda (de 8-6 cm de longitud), tercera (de 6-4 cm de longitud) y los afectados por *R. solani*, el resultado se expresó en kilogramos por hectárea.

6.4.4 Calidad de tubérculos

Se clasificaron los tubérculos de cada tratamiento por calidad de primera (mayores de 8 cm de longitud) segunda (de 6 a 4 cm de longitud), el resultado se expresó en Kilogramos/hectárea.

6.4.5 Rentabilidad

Para realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados se utilizó el método de la Tasa Marginal de Retorno, propuesto por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (5). Para ello se realizó primero un análisis de presupuestos parciales por medio de la determinación de costos variables de los productos utilizados, ingreso bruto (Precio kilogramo de papa de primera, segunda y tercera por rendimiento total) e ingreso neto (Ingreso bruto – Costo variable) (5)

Posteriormente se realizó el análisis de dominancia para seleccionar los tratamientos que sobresalieron, basados en el mayor beneficio neto y el menor costo que varía, ordenando tratamientos de menor a mayor costo variable. Se consideró que para que un tratamiento no sea dominado, debe superar los beneficios netos de otro tratamiento con menor costo. Finalmente se calculó la TMR para determinar el tratamiento más rentable, se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{TMR (\%)} = (\Delta \text{BN} / \Delta \text{CV}) \times 100$$

en donde:

TMR (%) = Tasa Marginal de Retorno expresado en porcentaje

ΔBN = Incremento en los beneficios netos

ΔCV = Incremento en los costos que varían

La TMR indica el porcentaje de retorno en términos de ganancias que se obtienen por unidad monetaria en que se incrementen los costos como resultado de cambiar de un tratamiento a otro.

6.5 Análisis de la información

A las variables de respuesta incidencia de tallos y tubérculos, rendimiento y calidad de tubérculos, se les efectuó procedimientos estadísticos que validan el análisis de varianza, utilizando el programa estadístico SAS (Statistic Analysis System), correspondiente a un diseño de bloques al azar, para lo cual se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variables respuestas incidencia, rendimiento y calidad de tubérculos.

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i-ésimo dosis de fungicidas

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental asociado a la iésima observación

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente al conjunto de datos de las cinco variables de respuesta se les efectuaron procedimientos estadísticos (Bartlett y Shapiro Willk) para comprobar que se cumplieran los supuestos que validan el análisis de varianza, para obtener los costos de Rentabilidad, según CIMMYT (5) se le efectuó una Tasa Marginal de Retorno (TRM) para comprobar si es rentable el uso de productos utilizados para el control de *R. solani* en el cultivo de papa.

7.1 Incidencia de *R. solani* en plantas (tallos)

A los resultados de incidencia (Cuadro 3A) obtenidos en el campo se les efectuaron las pruebas de normalidad de Bartlett la cual presento un valor del estadístico χ^2 0.233451, asociado a una probabilidad de 0.99369, lo cual indica que existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos, así mismo con la prueba de Shapiro Willk, se obtuvo un valor del estadístico de prueba de $W = 0.932866$ y un valor de $Pr < W = 0.3010$, lo cual presentó suficiente evidencia estadística que indica que la distribución del término error es normal, con lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza para la incidencia de *R. Solani* en el tallos de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F Calc.	Pr > F
BLOQUE	2	7.3782933	3.6891467	1.42	0.2959
TRATAMIENTOS	4	575.7020933	143.9255233	55.53	0.0001
ERROR	8	20.7347067	2.5918383		
TOTAL	14	603.8150933			

La fuente de variación tratamientos presentó un valor de $Pr > F = 0.0001$ lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, por lo cual se procedió a efectuar una comparación múltiple de medias Tukey para identificar la fuente que presentó el menor porcentaje incidencia de la enfermedad *R. solani* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de los tratamientos según Tukey para la variable incidencia de *R. solani* en tallos de papa variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

FUENTE	PROMEDIO % INCIDENCIA	GRUPO TUKEY
Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % 25 kg/ha	2.73	A
Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % 20 kg/ha	2.73	A
Pencycuron 4 kg/ha	3.03	A
Propamocarb + Carbendazim 1 L/ha c/u	5.75	A
Testigo Absoluto 00	18.78	B

Utilizando la prueba de Tukey con el 95% de confianza, se pudo identificar dos grupos estadísticamente diferentes, A y B, este último correspondió al testigo absoluto, que presentó mayor porcentaje de incidencia de *R. solani* (Figura 7A), considerándose relativamente alto (18.78) ya que no se le aplicó ningún producto para su control, lo que mostró que es necesaria la aplicación de fungicidas para el control de esta enfermedad, con la aplicación de productos se le brinda protección a la planta desde el momento de la siembra hasta la cosecha lo que nos garantiza que al final se obtengan tubérculos de primera calidad que pueden ser utilizados en la industria para la elaboración de papas fritas (Figura 8).

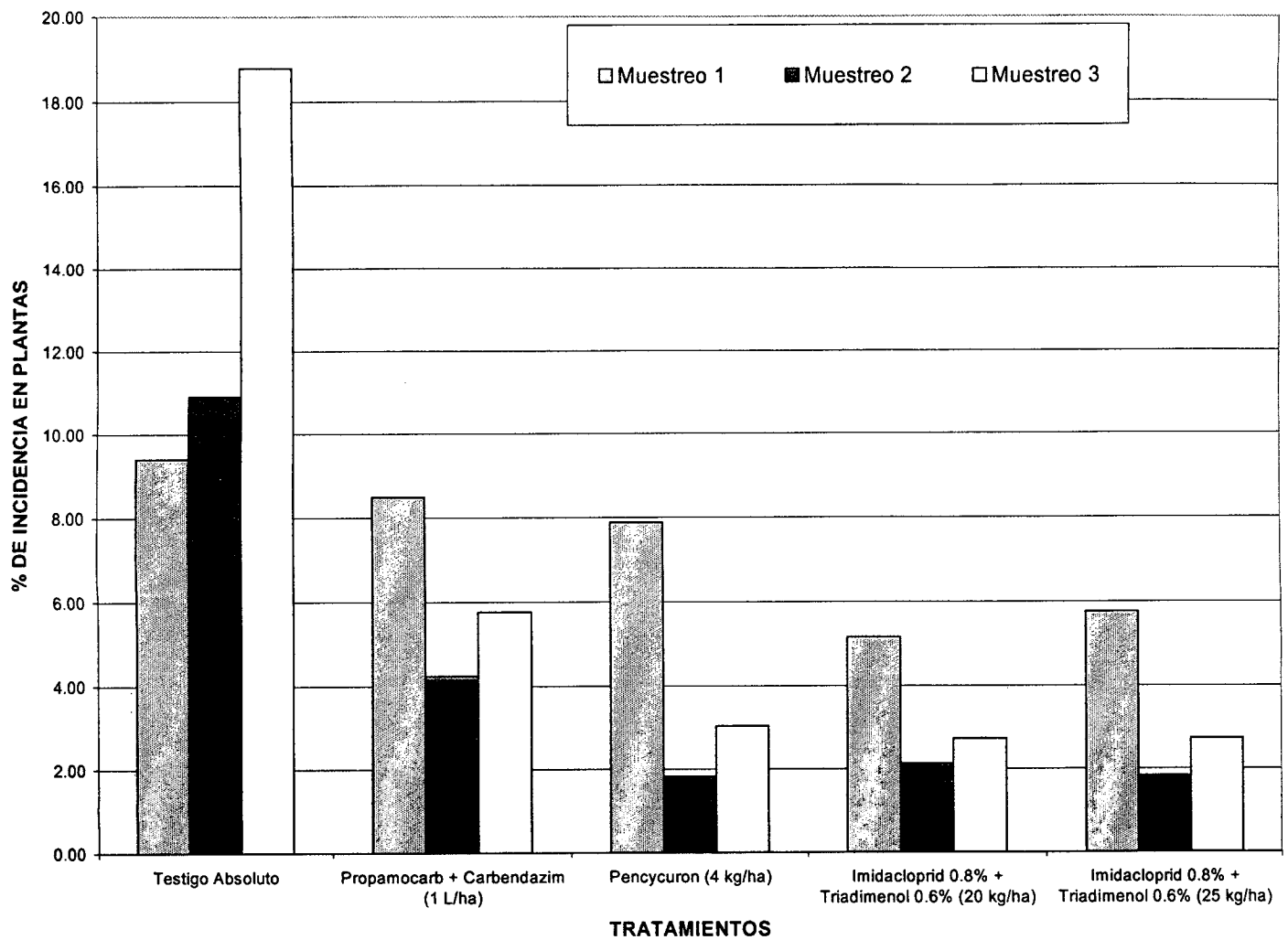


Figura 8. Porcentaje de incidencia por muestreo de *R. solani* durante el ciclo vegetativo en tallos de papa variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Se pudo observar gráficamente el porcentaje de incidencia de *R. solani* en los diferentes tratamientos. En los tres muestreos realizados se determinó que el testigo absoluto mostró mayor porcentaje de incidencia (18.78), lo cual no sucedió con los tratamientos que se les aplicaron fungicidas desde el momento de la siembra.

7.2 Incidencia de *R. solani* en tubérculos

A los resultados de incidencia en tubérculos (Cuadro 6A), obtenidos en el campo en cada unidad experimental, se les efectuó la prueba de normalidad Bartlett, la cual presentó un valor del estadístico χ^2 4.165864, asociado a una probabilidad de 0.384042, lo cual indica que existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos, así mismo con la prueba de Shapiro Willk, se obtuvo un valor del estadístico de prueba $W = 0.987263$ y un valor de $Pr < W = 0.9972$, el que presentó suficiente evidencia estadística que

indica que la distribución del término error es normal, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia en tubérculos provocado por *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F Calc.	Pr > F
BLOQUE	2	7.3510000	3.6755000	0.83	0.4702
TRATAMIENTOS	4	582.3833067	145.5958267	32.90	0.0001
ERROR	8	35.4043333	4.4255417		
TOTAL	14	625.1386400			

La fuente de variación de tratamientos presentó un valor de $Pr > F = 0.4702$ lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos por lo cual se procedió a efectuar una comparación múltiple de medias de Tukey con un 95 % de confianza para identificar el tratamiento que presentó el menor porcentaje de incidencia de la enfermedad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados de la variable incidencia en tubérculos para los diferentes tratamientos evaluados según Tukey ($\alpha 0.05$) en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.

FUENTE		PROMEDIO % INCIDENCIA	GRUPO TUKEY
Pencycuron	4 kg/ha	1.22	A
Imidacloprid 0.8 +Triadimenol 0.6%	25 kg/ha	2.633	A
Imidacloprid 0.8 +Triadimenol 0.6%	20 kg/ha	3.55	A
Propamocarb + Carbendazim	1 L/ha	5.50	A
Testigo Absoluto		18.41	B

El procedimiento Tukey con un 95% de confianza detectó dos grupos estadísticamente diferentes, el primer grupo estuvo conformado por todos los tratamientos evaluados con la letra A, con la letra B el testigo absoluto, que presentó mayor porcentaje de incidencia. Se determinó que hubo diferencias significativas entre cada tratamiento principalmente entre el tratamiento Pencycuron 4 kg/ha, Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % y el Testigo absoluto, lo anterior mostró que es necesaria la aplicación de fungicidas para

el control de *R. solani*, lo cual garantiza la obtención de mayores rendimientos, libres de la enfermedad al final de la cosecha (Figura 9).

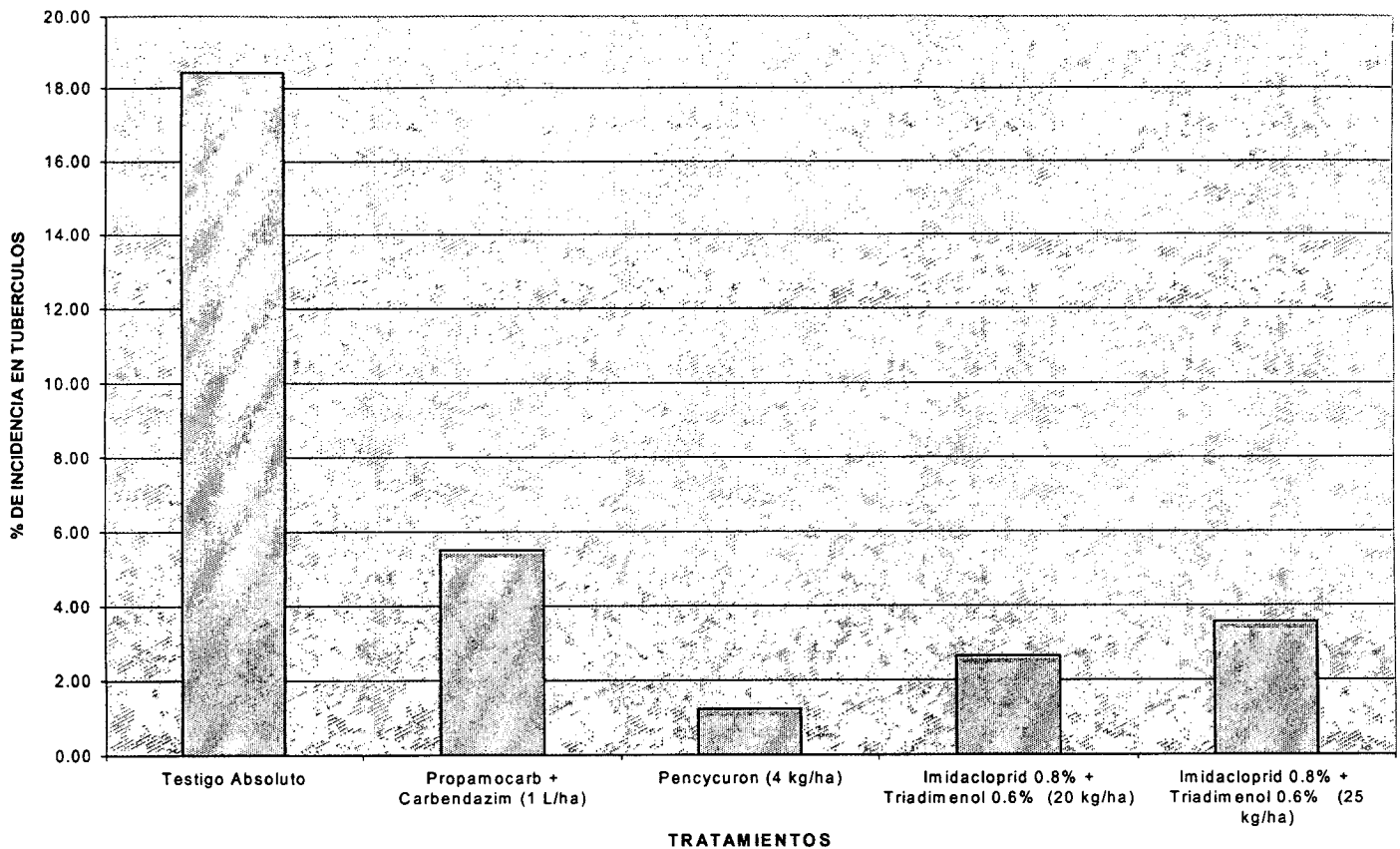


Figura 9. Porcentaje de incidencia de *R. solani* en tubérculos de primera y segunda calidad industrial en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Para el porcentaje de incidencia de *R. solani*, se observó claramente la diferencia entre los tratamientos comparando el testigo absoluto y Pencycuron 4 kg/ha, siendo este último tratamiento el que presentó un menor porcentaje de incidencia en los tubérculos (1.22), el preparado Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % con dosis de 20 kg/ha presenta también muy buenos resultados comparado con los otros tratamientos (2.63).

7.2 Rendimiento total

A cada uno de los tratamientos evaluados se les calculó el rendimiento total, encontrándose que ninguno de los tratamientos estuvo dentro del rango del promedio nacional (23,000 a 24,000 kg/ha), esto debido a que al momento de adquirir la semilla por los productores de papa, no era de buena calidad.

A los resultados de rendimiento obtenidos en el campo, expresados en kilogramos por hectárea (Cuadro 9A) de cada uno de los tratamientos evaluados se les efectuó la prueba de Normalidad de Bartlett, la cual presento un valor del estadístico χ^2 1.924789 asociado a una probabilidad de 0.749589, el cual indica que existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos, así mismo se realizó la prueba de Shapiro Willk para verificar si el error experimental presentaba una distribución normal, obteniendo un valor del estadístico de prueba $W = 0.921423$ y un valor de $Pr < W = 0.2025$, lo cual presenta suficiente evidencia estadística que indica que la distribución del término error es normal, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza de la variable Rendimiento expresado en kg/ha del cultivo de papa variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F Calc.	Pr > F
BLOQUE	2	19770028.9	9885014.4	2.77	0.1221
TRATAMIENTOS	4	167991182.3	41997795.6	11.76	0.0020
ERROR	8	28575870.7	3571983.8		
TOTAL	14	216337081.9			

La fuente de variación tratamientos presentó un valor de $Pr > F = 0.0020$ asociado a una F calc. (11.76) lo que significa que existen diferencias estadísticas significativas entre cada uno de los tratamientos por lo cual se procedió a efectuar una comparación múltiple de medias Tukey para identificar los tratamientos que presentaban los mayores valores de producción (Cuadro 11).

Cuadro 11. Clasificación de los tratamientos según Tukey (0.5 ∞) para la variable Rendimiento del cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

FUENTE	RENDIMIENTO PROMEDIO kg/ha	GRUPO TUKEY
Imidacloprid 0.8 +Triadimenol 0.6% 20 kg/ha	21,326.00	A
Pencycuron 4 kg/ha	19,496.00	AB
Imidacloprid 0.8 +Triadimenol 0.6% 25 kg/ha	17,247.00	AB
Propamocarb + Carbendazim 1 L/ha	15,232.00	BC
Testigo Absoluto 00	11,722.00	C

La prueba de Tukey con un 95% de confianza separó cuatro grupos estadísticamente diferentes, el primero con la letra A en el cual se ubica a Imidacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6 % con el mayor rendimiento (21,326.00 kg/ha). El segundo grupo con la letra AB identificó a Pencycuron a 4 kg/ha (19,496.00) e Imidacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6 % dosis de 25 kg/ha. El tercer grupo identificado con la letra BC lo conforma la mezcla de Propamocarb + Carbendazim 1 L/ha de cada uno (15,232.00), y por último con la letra C con menor rendimiento el testigo absoluto con un rendimiento de 11,722.00 kg/ha, lo cual indica que la aplicación de fungicidas es importante para incrementar el rendimiento y obtener tubérculos de primera calidad (Figura 10).

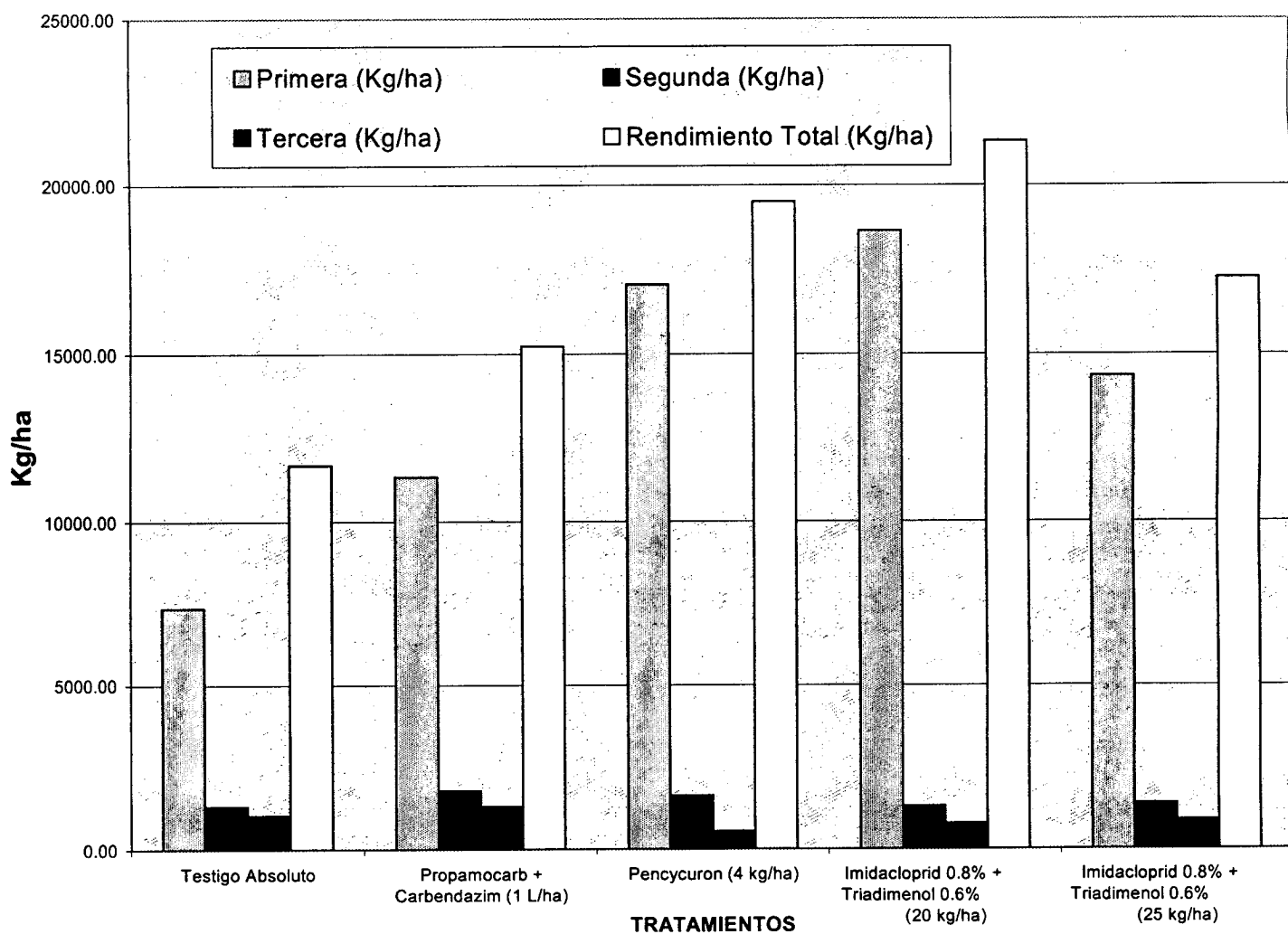


Figura 10. Rendimiento promedio total en kg/ha de papa variedad Atlantic en la Aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

7.3 Calidad de Tubérculos de Primera calidad

A los resultados obtenidos de rendimiento de primera calidad de cada uno de los tratamientos evaluados, expresados en kilogramos por hectárea (Cuadro 9A) se le efectuó las pruebas de Bartlett, la cual presentó un valor del estadístico de $\chi = 3.958858$, asociado a una probabilidad de 0.411619, lo cual indica que existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos, así mismo la prueba de normalidad de Shapiro Willk presentó una distribución normal, obteniendo un valor del estadístico de prueba $W = 0.907485$ y un valor de $Pr < W = 0.1239$, lo cual presenta suficiente evidencia estadística que indica que la distribución del término error es normal, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza de la variable Rendimiento de tubérculos de primera (Kg/ha).

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F Calc.	Pr > F
BLOQUE	2	12926835.9	6463418.0	7.90	0.028
TRATAMIENTOS	4	245467482.4	61366870.6	74.96	0.0001
ERROR	8	6549368.9	818671.1		
TOTAL	14	264943687.3			

La fuente de variación tratamientos presentó un valor de $Pr > F = 0.0001$ asociado a una F (74.96) lo que significa que existen diferencias estadísticas significativas entre cada uno de los tratamientos por lo cual se procedió a efectuar una comparación múltiple de medias Tukey para identificar los tratamientos que presentan los mayores valores de tubérculos de primera (Cuadro 13).

Cuadro 13. Clasificación de los tratamientos según Tukey para la variable calidad de papa de primera.

FUENTE	RENDIMIENTO PROMEDIO kg/ha	GRUPO TUKEY
Imidacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6% 20 kg/ha	18,628.1	A
Pencycuron 4 kg/ha	17,049.5	A
Imidacloprid 0.8 + Triadimenol 0.6% 25 kg/ha	14,365.8	B
Propamocarb + Carbendazim 1 L/ha	11,366.3	C
Testigo Absoluto 00	7,340.8	D

La prueba de Tukey con un 95% de confianza separó cuatro grupos estadísticamente diferentes, el primero identificado con la letra A en el cual se ubica a Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % 20 kg/ha con 18,628.10 kg/ha y Pencycuron 4 kg/ha con un rendimiento 17,049.5 kg/ha. El segundo grupo identificado con la letra B lo conformó el tratamiento Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % 25 kg/ha con 14365.8 kg/ha, el cuarto grupo identificado con la letra C lo conformó la mezcla de Propamocarb + Carbendazim 1 L/ha de cada uno con 11,366.3 kg/ha, con menor rendimiento en tubérculos de primera calidad para uso industrial con la letra D el tratamiento testigo absoluto con un rendimiento de 7340 kg/ha, esto indica que la aplicación de fungicidas es importante para obtener un incremento en la producción de tubérculos de primera calidad libres de la enfermedad *R. solani* (Figura 11).

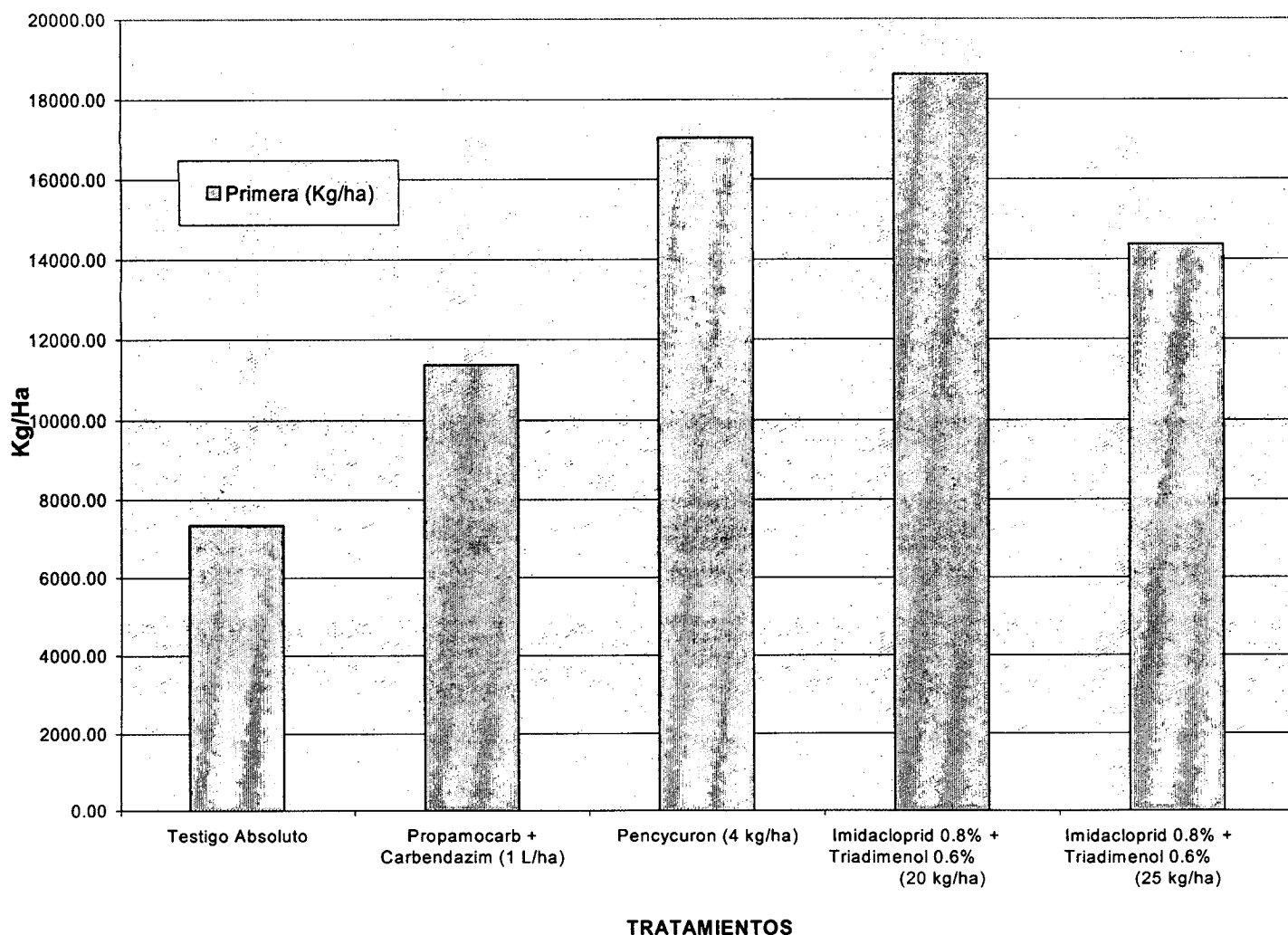


Figura 11. Rendimiento promedio total de tubérculos de primera calidad, en kg/ha del cultivo de papa, variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

7.3 Rentabilidad

El análisis económico se realizó en base al rendimiento total expresado en kilogramos por hectárea (tubérculos de primera, segunda, tercera y dañados por *R. solani*) y así mismo se determinaron los costos variables por cada tratamiento (Cuadro 14).

CUADRO 14. Análisis de presupuestos parciales de los diferentes tratamientos evaluados para el control de *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.

CALIDAD TUBERCULO	TRATAMIENTO				
	1	2	3	4	5
Primera (Q.1.50)	7340.75	11366.33	11366.33	18628.15	14365.77
Segunda (Q.1.00)	13.41.86	5446.37	1657.59	1341.86	1420.79
Tercera (Q.0.50)	1065.59	1339.49	552.53	803.53	907.73
Dañada (Q.0.50)	1973.32	710.39	236.8	552.53	552.53
COSTOS QUE VARIAN	00	601.00	464.00	500.00	625.00
INGRESO TOTAL	13872.27	23520.82	27626.35	29962.12	23245.72

Además se realizó el análisis de dominancia en la que se determinó los tratamientos para ser sometidos al cálculo de la TMR (Cuadro 15).

CUADRO 15. Análisis de dominancia correspondiente a los cinco tratamientos evaluados para el control de *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

No. Trat.	C.V.	INGRESOS NETOS	DOMINANCIA
1	00	13872.27	NO DOMINADO
3	464	27162.35	NO DOMINADO
4	500	29462.12	NO DOMINADO
2	601	22929.82	DOMINADO
5	625	22620.72	DOMINADO

Según la Tasa Marginal de Retorno, el utilizar el tratamiento tres para el control de *R. solani* en el cultivo de papa, genera un retorno de 0. 2864 centavos por cada quetzal adicional, el mejor resultado se obtiene al utilizar el tratamiento cuatro, en el cual por cada quetzal que se invierte retorna 0.6388 centavos de quetzal, por lo tanto se dice que el utilizar productos para el control de *R. solani*, además de que disminuyó el porcentaje de incidencia a nivel de tallos y tubérculos, incrementó el rendimiento, se garantiza también el menor porcentaje de rechazo del producto (Cuadro 16).

Cuadro 16. Determinación de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) para los productos utilizados para el control de *R. solani* en el cultivo de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil Santa Apolonia Chimaltenango, 2001

TRATAMIENTO	C.V.	B.N	ΔCV	$\Delta B N$	TMR
1	00	13872.22	00	00	00
3	464	27162.12	464	13290.08	28.64
4	500	29462.12	36	2299.77	63.88

8. CONCLUSIONES

- 8.1. Con la aplicación de fungicidas granulados triazólicos para el control de *R. solani*, se mejoró la calidad de tubérculos de primera calidad para uso industrial en un 39 % y 55 % el rendimiento comparado con el testigo absoluto, el mejor resultado se obtuvo con Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % a dosis de 20 kg/ha.
- 8.2. El uso de los fungicidas granulados triazólicos disminuyen en un 68 % la incidencia de *R. Solani* en tubérculos y tallos de papa variedad Atlantic.
- 8.3. Con el fungicida Imidacloprid + Triadimenol a dosis de 20 kg/ha se obtuvo una Tasa Marginal de Retorno de 63.88 % seguido por Pencycuron 4 kg/ha con una TMR 28.67 %, lo cual indica que es rentable el uso de estos productos para el control de *R. solani* en papa variedad Atlantic.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1. Se recomienda realizar aplicaciones de productos en suelos con historial de *R. solani* como Imidacloprid 0.8 % + Triadimenol 0.6 % a dosis de 20 kg/ha o Pencycuron a dosis de 4 kg/ha al momento de la siembra para brindar un efecto protectante durante todo el ciclo al cultivo de papa.
- 9.2. Continuar el estudio de la molécula Triadimenol para completar la información acerca de la viabilidad bioquímica favorable al incremento del rendimiento en el cultivo de papa.
- 9.3. Es recomendable además del control químico realizar un control cultural, al final destruir los restos de cosecha que son fuente de inóculo de *R. solani*, además trabajar con variedades resistentes a este patógeno, así como también drenar los suelos para evitar el exceso de humedad, que es una condición favorable para el patógeno.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, GW. 1998. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. 838p.
2. BARNET, HL; HUNTER, BB. 1985. Illustrated general of imperfect fungi. 4 ed. US, APS. p. 194-197.
3. BAYER (GT) 1989. Fungicidas. Guatemala. 46 p.
4. CAMPOS, SJ. 1995. Manual Superb. Guatemala, Productos SuperB. p. 335-341.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (Mex.). 1971. Avances para aumentar el rendimiento de maíz entre pequeños productores. 1967 – 1969. México. p. 37 – 35.
6. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (Pe.). 1986. Botánica sistemática y morfología de la Papa, Lima, Perú. Boletín Informativo Técnico no. 3. 416 p.
7. CORTEZ, MR. 1986. El cultivo de la papa en El Salvador. San Andrés, La libertad, El Salvador, Centa, División de Investigación Agrícola. Boletín Divulgativo no 34; 13 p.
8. CRUZ, JR. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. ENCICLOPEDIA PRACTICA de la Agricultura y la Ganadería. 1993. Lima Perú. Limusa. p. 518-523.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. DIRECCIÓN GENERAL DE CARTOGRAFÍA GT. 1962. Diccionario geográfico de Guatemala . Guatemala. tomo I, p.568.
11. _____. 1983. Diccionario geográfico nacional. 2 ed. Guatemala. Tomo IV, 487 p.
12. HOLDRIDGE LR. 1957. Texto explicativo del mapa de zonificación ecológica de Guatemala, según sus formas vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 35 p.
13. HOOKER, WJ. 1980. Compendio de enfermedades de la Papa. Trad. Teresa Ames de Icochea. Lima Perú, Centro Internacional de la Papa. 156 p.
14. ICTA(Gua.). 1980. Curso Nacional de la Papa. Quetzaltenango, Guatemala. 197 p.
15. _____. 1995. La papa: su utilización. Guatemala. 56 p.
16. JARAMILLO, A. 1980. La papa, control de sus enfermedades y plagas en América Latina. EE. UU., Rohm and Hass. p. 40.

17. MUÑOZ, AF; CRUZ, AL. 1984. Manual del cultivo de papa, control de sus enfermedades. Ecuador, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Manual no. 5. 44 p.
18. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE (US). 1987. Desarrollo y control enfermedades de las plantas. Trad. Manuel Araganes. México, Limusa. 223 p.
19. PEDROZA SANDOVAL, A. 1998. Manual de prácticas de epidemiología agrícola. In Foro Nacional de Estadística. (2., 1998, GT); Congreso Nacional de Estadística (1., 1998, GT); Meeting of the International Biometric Society (1., 1998, GT). Memorias. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.. 61 p.
20. RADFKE, D. 2003. Mountain valled, productos agrícolas, semilla de papa certificada (mvproduce.com/ variedades).
21. REYNOLDS, K; CUNFER, B M. 1987. Exercises in plant disease epidemiology . Minesota, US, The American Phytopathological Society. p. 111-114.
22. SIMMOS, CH; TARANO, J M; PINTO, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p

V^o, B^o

Spician De La Roca

11. ANEXOS



Figura 1A. Esclerosios de *R. solani* (Estado asexual) de *R. solani* en tubérculos de papa variedad Atlantic, aldea Xecoil, Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.



Figura 2A. Daño ocasionado por *R. solani* (estado sexual) en papa variedad Atlantic aldea Xecoil, Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.



Figura 3A. Daño provocado por *R. solani* en papa variedad Atlantic en el tratamiento testigo absoluto, aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.



Figura 4A. Tubérculos aéreos ocasionados por *R. solani* en papa variedad Atlantic, aldea Xecoil Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.

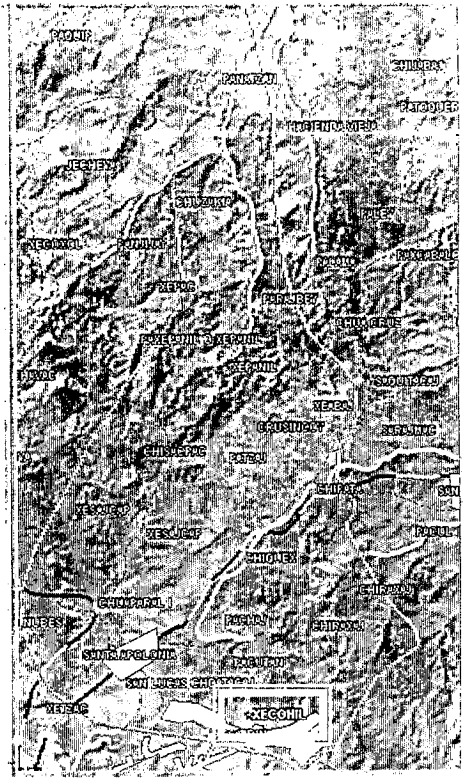
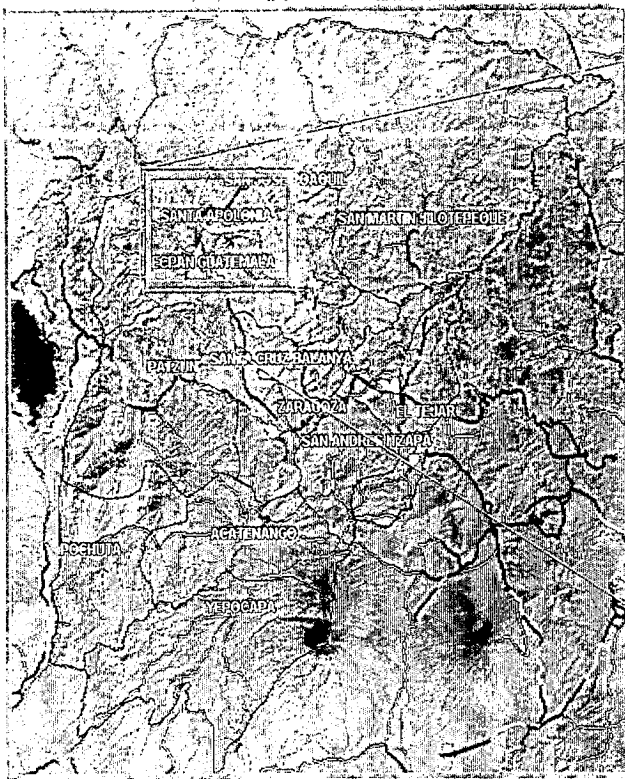
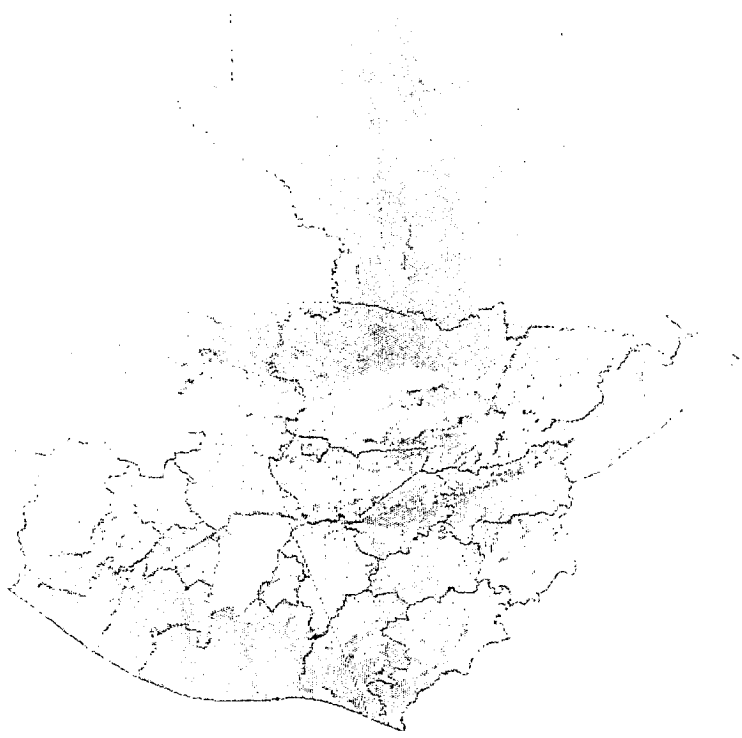


FIGURA 5A. Ubicación geográfica de la aldea Xeo en Santa Apolonia Chimatenango

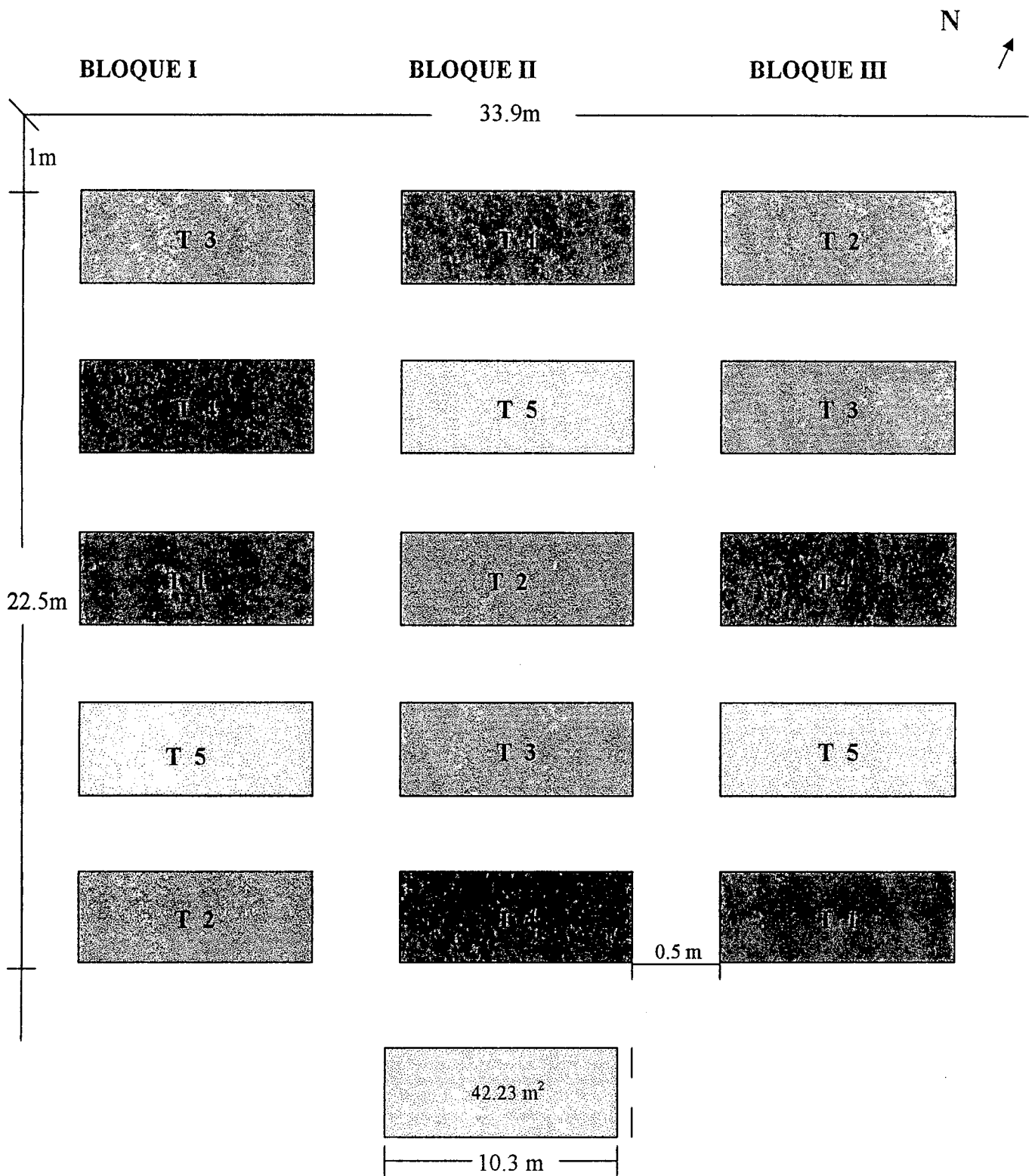


Figura 6A. Plano general del experimento y asignación aleatoria de los tratamientos.



Figura 7A. Número de plantas faltantes en el tratamiento testigo absoluto en el cultivo de papa variedad Atlantic, aldea Xecoil, Santa Apolonia, Chimaltenango, 2001.

Cuadro 3A. Muestreos de incidencia de *R. solani* a nivel de tallos durante el ciclo fenológico del cultivo de papa, variedad Atlantic, en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Bloque	No.	Tratamiento	Muestreo # 1 (30 DDS)		Muestreo #2 (50 DDS)		Muestreo # 3 (70 DDS)	
			No. Plantas enfermas	% de Incidencia	No. Plantas enfermas	% de Incidencia	No. Plantas enfermas	% de Incidencia
I	1	Testigo Absoluto	1181.82	4.55	2836.36	10.91	4727.27	18.18
I	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	1418.18	5.45	1181.82	4.54	1890.91	7.27
I	3	Pencycuron (4 kg/ha)	1181.82	4.55	472.73	1.82	709.09	2.73
I	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	1654.55	6.36	709.09	2.72	1181.82	4.55
I	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/ha)	1418.18	5.45	472.73	1.82	945.45	3.64
II	1	Testigo Absoluto	3309.09	12.73	2127.27	8.18	5436.36	20.91
II	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	2363.63	9.09	1418.18	5.45	1654.55	6.36
II	3	Pencycuron (4 kg/ha)	2600.00	10.00	0.00	0.00	472.73	1.82
II	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	1181.82	4.55	236.36	0.91	472.73	1.82
II	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/jha)	1890.91	7.27	945.45	3.63	945.45	3.64
III	1	Testigo Absoluto	2836.36	10.91	3545.45	13.64	4490.91	17.27
III	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	2836.36	10.91	709.09	2.72	945.45	3.64
III	3	Pencycuron (4 kg/ha)	2363.63	9.09	945.45	3.63	1181.82	4.55
III	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	1181.82	4.55	709.09	2.72	472.73	1.82
III	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/ha)	1181.82	4.55	0.00	0.00	236.36	0.91

Cuadro 6A. Muestreo del porcentaje de incidencia de *R. solani* en tubérculos de papa, variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Bloque	No. Trat.	Tratamiento	% Incidencia	Rendimiento Primera-Segunda (Kg/ha)	Primera (Kg/ha)	Segunda (Kg/ha)	Primera-Segunda Dañados (Kg/ha)
I	1	Testigo Absoluto	18.37	11603.13	7103.95	2367.98	2131.19
I	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	6.90	13734.31	11366.33	1420.79	947.19
I	3	Pencycuron (4 kg/ha)	2.35	20127.87	17049.49	2604.78	473.60
I	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	1.25	18943.86	17996.68	710.39	236.79
I	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/ha)	4.92	14444.39	12313.21	1420.79	710.39
II	1	Testigo Absoluto	17.65	8051.14	5919.96	710.39	1420.79
II	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	8.16	11603.12	9945.54	710.39	947.19
II	3	Pencycuron (4 kg/ha)	1.33	17759.87	16575.89	947.19	236.79
II	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	2.22	21311.86	18470.28	2367.98	473.60
II	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/ha)	4.48	15865.49	14207.91	947.19	710.39
III	1	Testigo Absoluto	19.23	12313.51	8998.34	947.19	2367.98
III	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/ha)	1.45	16339.09	12787.12	3315.18	236.79
III	3	Pencycuron (4 kg/ha)	0.00	18943.88	17523.09	1420.79	0.00
III	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/ha)	4.44	21311.86	19417.48	947.19	947.19
III	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/ha)	1.27	18707.07	16575.89	1894.39	236.79

Cuadro 9A. Lectura del rendimiento promedio en kg/ha de papa variedad Atlantic en la aldea Xecoil, Santa Apolonia Chimaltenango, 2001.

Bloque	No. Trat.	Tratamiento	Primera (Kg/ha)	Segunda (Kg/ha)	Tercera (Kg/ha)	Tubérculos dañados (Kg/ha)	Rendimiento Total (Kg/ha)
I	1	Testigo Absoluto	7103.95	2367.98	1302.39	2131.19	12905.52
I	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/Ha)	11366.33	1420.79	1082.17	947.19	14816.48
I	3	Pencycuron (4 kg/Ha)	17049.49	2604.78	473.60	473.60	20601.47
I	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/Ha)	17996.68	710.40	397.82	236.80	19341.70
I	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/Ha)	12313.52	1420.79	592.00	710.40	15036.70
II	1	Testigo Absoluto	5919.96	710.40	1420.79	1420.79	9471.94
II	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/Ha)	9945.54	710.40	473.60	947.19	12076.72
II	3	Pencycuron (4 kg/Ha)	16575.89	947.19	473.60	236.80	18233.48
II	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/Ha)	18470.28	2367.98	947.19	473.60	22259.06
II	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/Ha)	14207.91	947.19	1539.19	710.40	17404.69
III	1	Testigo Absoluto	8998.34	947.19	473.60	2367.98	12787.12
III	2	Propamocarb + carbendazim (1 L/Ha)	12787.12	3315.18	2462.70	236.80	18801.80
III	3	Pencycuron (4 kg/Ha)	17523.09	1420.79	710.40	0.00	19654.27
III	4	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (20Kg/Ha)	19417.48	947.19	1065.59	947.19	22377.46
III	5	Imidacloprid 0.8 + Triadimenol (25Kg/Ha)	16575.89	1894.39	592.00	236.80	19299.08



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

" EVALUACION DE PREPARADOS GRANU-
LADOS EN EL CONTROL DE Rhizoctonia
Solani EN EL CULTIVO DE PAPA (So-
lanum tuberosum) VARIEDAD ATLANTIC
EN LA ALDEA CHECOIL, SANTA APOLONIA
CHIMALTENANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

MYNOR ESTUARDO ROSALES CORDON

CARNET:

9310264

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Ing. Agr. José Vicente Martínez
Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez V.

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. José Humberto Calderón Díaz
A S E S O R

Ing. Agr. Héctor Salvador Aldana Fernández
A S E S O

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
DIRECTOR DEL IIA

I M P R I M A

Ing. Agr. M. Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O

cc.
Control Académico
IIA
Archivo