

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS SINTÉTICOS Y NATURALES PARA EL
CONTROL DE LA ROÑA (*Spongospora subterranea*) EN EL CULTIVO DE PAPA**

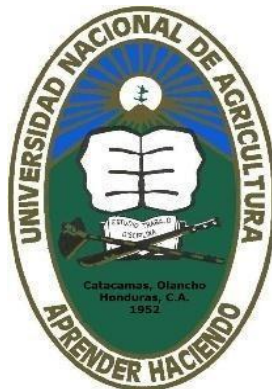
POR

OSCAR IVAN HERRERA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

INGENIERO AGRONOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS SINTÉTICOS Y NATURALES PARA EL
CONTROL DE LA ROÑA (*Spongospora subterranea*) EN EL CULTIVO DE PAPA

POR

OSCAR IVAN HERRERA

MARIO E. TALAVERA SEVILLA, M.Sc.

Asesor Principal

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A NUESTRO PADRE CELESTIAL. Primero por darme la vida y la oportunidad de poder llegar a mis metas y objetivos propuestos, guiándome siempre por el buen camino, brindándome su amor y sabiduría para culmina con éxito este sueño tan anhelado

A MI MADRE Y ABUELA. KLEVER YAMBAO HERRERA y DOMINGA HERRERA por haberme brindado todo su amor, comprensión dedicación y por qué estuvieron de mi apoyándome siempre que lo necesité. Les quiero y siempre serán lo más importante en mi vida

A MIS HERMANOS FLOR DE MARÍA FUENTES y HÉCTOR GEOVANY FUENTES por haber estado conmigo en aquellos momentos difíciles durante de formación y por todo su apoyo incondicional.

A MIS AMIGOS HÉCTOR JOSÉ HERRERA AGUILAR y JORGE LUIS HERNÁNDEZ VILCHEZ por haber estado conmigo estos cuatro años enfrentado y superando todos los obstáculos en nuestra formación profesional

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODO PODEROSO, por permitirme ser parte de su creación y disfrutar día a día la alegría de poder vivir, por haberme brindado sabiduría para realizar de manera satisfactoria las actividades que surgieron en el transcurso de este largo camino.

A MIS PADRES Y HERMANOS, por estar siempre conmigo en las distintas etapas de mi vida y cunado más las necesitaba.

Al M.Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA, por haberme guiado, asesorado y transmitido su conocimiento en la realización de esta investigación.

AL M.Sc. ADAN RAMIREZ, Ph.D. SANTIAGO MARADIAGA y Ph.D. ELIZABETH GILCHRIST RAMELLI por su colaboración a llevar a cabo este trabajo de investigación y no negarse a bríndame su ayuda cuando la necesite

Al ING. LENIN RODRIGEZ e ING. ANTONY SAUCEDA, por haberme trasmitido parte de su experiencia y conocimientos durante el desarrollo de la investigación y más que todo por bríndame su amistad.

Al PERSONAL DE LA ONG. CESAL Y EMPRESA MARKETING INTERNATIONAL HONDURAS, por haberme confiado, ayudado y orientado en la realización de la investigación y al mismo tiempo brindarme su amistad.

A MIS COMPAÑEROS DE HABITACIÓN, Juan Antonio Valenzuela, Wilfredo Coello Cruz, Jerardo Alirio Villeda, Luis Fernando Rodríguez, Darling Fabricio Márquez, José Javier Martínez, Cesar Morán, por el apoyo incondicional durante estos cuatro años.

A MI ALMA MATER, por haberme formado y permitirme ser lo que hoy soy.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO.....	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2. Específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Generalidades del cultivo de papa.	3
3.2 Condiciones edafoclimáticas adecuadas para el cultivo de papa.....	6
3.3 Manejo agronómico del cultivo de papa.....	7
3.4 Principales enfermedades del cultivo de papa	10
3.4.1 Tizón Tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	10
3.4.2 Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	11
3.4.3 Rhizoctonia (<i>Rhizoctonia solani</i>)	11
3.4.4 Marchites bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	12
3.4.5. Roña de la papa (<i>Spongospora subterranea</i>).....	13
3.5 Productos sintéticos y naturales para el manejo de <i>S. subterranea</i>	22
3.5.1 Banrot 40 WP	22
3.5.2 Previcur 840 SL	22
3.5.3 Derosal 500 SC	23
3.5.4 Tricho-D	24
3.5.5 MAI -007 5 SL.....	25
3.5.6. Viruta de pino	26
3.6 Experimentos para la identificación y control de <i>Spongospora subterranea</i>	27

IV. MATERIALES Y MÉTODO	32
4.1 Descripción del sitio del experimento	32
4.2 Materiales y equipo	32
4.3 Manejo del experimento	33
4.4 Factores bajo estudio	34
4.5 Variables de respuesta	36
4.5.1 Incidencia de la enfermedad	36
4.5.2 Tubérculos dañados	36
4.5.3 Severidad de la enfermedad en el tubérculo	36
4.5.4 Porcentaje de tubérculo sano a partir de la siembra de tubérculo enfermo	38
4.6. Análisis estadístico	38
4.7. Análisis económico	38
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1 Incidencia de la roña	39
5.3 Tubérculos dañados	43
5.2 Severidad de la enfermedad	44
5.4 Tubérculo sano a partir de siembra de tubérculo enfermo (%)	46
5.5 Análisis de costos de los productos evaluados	47
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución mundial de la roña de papa (<i>S. subterranea</i>).....	14
Figura 2. Ciclo de vida de <i>S. subterranea</i>	18
Figura 3. Esquema de puntuación estándar para la infección del tubérculo por <i>S. subterranea f.sp subterranea</i>	37
Figura 4. Severidad de roña causada por <i>S. subterranea</i> en tubérculos de papa	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales variedades de papa cultivadas en Honduras.	5
Cuadro 2. Principales hospedantes en que <i>S. subterranea</i> puede sobrevivir a parte de la planta de papa.	20
Cuadro 3. Detección por microscopio de luz y qPCR de <i>S. subterranea f. sp. subterranea</i> en raíces de plantas hospederas.	31
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.....	34
Cuadro 5. Evaluación final de la incidencia del patógeno a los 105 días después de la siembra.....	40
Cuadro 6. Costo de aplicación de los productos evaluados, rendimiento comercial (Kg) y utilidad económica.	47

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Croquis de campo del ensayo y aleatorización de los tratamientos	64
Anexo 2. Formato para toma de datos a nivel de campo.....	65
Anexo 3. ANAVA para la variable incidencia de la enfermedad a los 105 días después de la siembra.	66
Anexo 4. ANAVA para la variable tubérculos dañados.....	66
Anexo 5. Plan de inversión del cultivo de papa	67
Anexo 6. ANAVA y prueba de medias de Duncan para la variable severidad de la enfermedad.	68
Anexo 7. ANAVA para la variable tubérculos sanos a partir de tubérculo semilla enfermo.	68
Anexo 8. Tubérculos con daño cosmético provocado por <i>Spongospora subterranea</i>	69
Anexo 9. Plantación de papa (ensayo) en campo.	69
Anexo 10. Recomendación de clasificación de tubérculos con daño cosmético.	70

Herrera O.I. 2016. Evaluación de fungicidas sintéticos y naturales para el control de la roña (*Spongospora subterranea*) en el cultivo de papa. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho, Honduras C.A. 81 pág.

RESUMEN

La investigación se realizó en la comunidad de Rio chiquito, municipio de La Labor, departamento de Ocotepeque con el objetivo de evaluar diferentes fungicidas para el manejo de la roña (*Spongospora subterranea*) en el cultivo de papa. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos. Se seleccionó un suelo con el inóculo natural y se utilizaron tubérculos infectados por el patógeno. Durante el tiempo de estudio se realizaron dos aplicaciones de los tratamientos según las dosis comerciales con un intervalo de 28 días, la primera aplicación al momento de la siembra asperjado sobre la semilla cuando estaba en el fondo del surco, la segunda al momento del aporque dirigido a la raíz de la planta. Ninguno de los tratamientos fue efectivo en reducir la incidencia de la enfermedad. Para la variable tubérculo dañado por la enfermedad no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, todos mostraron porcentajes arriba del 60% de tubérculos con daño cosmético, tomando en cuenta que con una pústula del patógeno presente en el tubérculo se considera tubérculo dañado, aunque no represente una pérdida significativa en su valor comercial para el mercado local o nacional. En la severidad del patógeno se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P < 0.05$), en donde Nucleósido de Pirimidina (MAI-007), *Trichoderma harzianum* (Tricho-D) y Etridiazol (Banrot 40 WP) fueron los que ejercieron un mejor control de la severidad en el tubérculo disminuyendo un 2.5%, 1.87% y 1.82%, respectivamente en comparación al testigo que mostró un 6.03% de severidad. Al sembrar tubérculo con presencia de *S. subterranea* aumenta el porcentaje de tubérculos dañados por el patógeno con un 73% en base al testigo. En el análisis económico el producto sintético Etridiazol (Banrot 40 WP) obtuvo una utilidad de HNL. 69.209,40, lo cual equivale a 16.99% más de lo obtenido al aplicar Propamocarb, Fosetilo+Carbendazim (Previcur+Derosal) el producto utilizado por los productores en la zona, con una relación beneficio/costo de HNL. 1.7 y para el producto biológico Nucleósido de Pirimidina (MAI-007) una utilidad de HNL 47,062.96 con un 8.31% más por hectárea en comparación con el producto Propamocarb, fosetilo+Carbendazim (Previcur+Derosal), con una relación beneficio/costo HNL 1.5.

Palabras claves: Roña, Patógeno, Viruta de pino, MAI-007, *Spongospora subterranea*.

I. INTRODUCCIÓN

La papa es el cultivo hortícola que más se produce a nivel mundial y es el cuarto cuando se incluye el arroz, trigo y maíz. Se siembra en más de 95 países a nivel mundial, la mayor parte de la producción de papa del mundo se negocia en mercados regionales, donde pequeños agricultores y consumidores de bajos ingresos son partícipes del proceso de implementación de precios (FAO, 2008). En Honduras, el cultivo de papa está concentrado en los departamentos de Intibucá, Ocotepeque, La Paz y Francisco Morazán. Se cultivan alrededor de 1300 hectáreas, donde se produce el 95% de la demanda nacional. Los costos de producción son cada año más altos y las exigencias del mercado en cuanto a calidad son mayores, por eso los agricultores deben estar informados y listos para hacer cambios que permitan competir, tomando en cuenta las buenas prácticas agrícolas (EDA, 2008).

En los últimos años los consumidores se han vuelto exigentes en cuanto a calidad, esto conlleva ofrecer un producto de mejor calidad que incentive en forma sostenida el consumo de papa. Esto hace de la papa un producto importante para la seguridad alimentaria, además de ser una fuente de empleo para muchas familias, lo que muestra la gran importancia socio-económica que tiene este cultivo en el país.

Spongospora subterranea es una enfermedad que causa pérdidas significativas en daño cosmético en papa en los últimos años en el municipio de La Labor, Ocotepeque. Conocer los efectos de la enfermedad sobre la producción, ayudará a considerar la importancia de la misma en las zonas productoras de papa a nivel nacional. En esta investigación se evaluaron fungicidas naturales y sintéticos contra el patógeno con el fin de reducir pérdidas económicas y generar menor contaminación ambiental.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de fungicidas químico-sintéticos y naturales para el control de *Spongospora subterranea* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

2.2. Específicos

Identificar el o los tratamientos que muestren mejor eficiencia en la reducción del daño causado por el patógeno en el tubérculo de papa cosechado.

Determinar el nivel de daño causado por *Spongospora subterranea* cuando la semilla utilizada procede de material infectado con el patógeno.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de papa.

El origen del cultivo de papa se ubica entre las regiones de Perú y Bolivia al sur de América en la cordillera de los andes, es aquí donde la cultura de los aborígenes (Incas) desarrollaron más de 200 variedades, representando un cultivo muy importante para ellos. La introducción de la papa a Europa la realizaron los españoles después de la llegada a Perú en 1532, después de llevarla a Irlanda se popularizó en todo el continente europeo como un cultivo de alto valor comercial. Posteriormente se extendió a Centroamérica y Suramérica, en las regiones de Colombia, Ecuador, Chile, Argentina y Venezuela (Centro de Estudio Agropecuario, citado por Pineda, 2011).

La papa juega un papel esencial en la nutrición humana y se menciona como el cuarto cultivo en importancia para el consumo de la población mundial, después del trigo, el maíz y el arroz. Comiendo regularmente una ración de papas con cáscara se tendrá los siguientes nutrientes que permitirán desarrollar una vida saludable: 22 mg de vitamina C, 1,6 mg de niacina, 120 calorías, 3 gramos de proteína, 27 gramos de carbohidratos, 16 mg de calcio, 1 mg de hierro. La papa es uno de los seis alimentos más energéticos en la dieta humana, junto con el trigo, el maíz, la quinua, el arroz y la cebada (FAO, 2008).

La papa es reconocida por su importante contribución a la alimentación, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de los pueblos del mundo. Por ello, La ONU, el 18 de octubre de 2007 proclamó el 2008 como el Año Internacional de la papa, buscando incrementar la conciencia internacional sobre la importancia de la papa como alimento y generación de ingresos en las naciones en desarrollo, promover la investigación y el

desarrollo de los sistemas basados en papa como un medio para contribuir en el cumplimiento de los objetivos del Milenio (MDRA y MA, 2008).

Actualmente se cultivan más de dieciocho millones de hectáreas en más de ciento veinte y cinco países, con una producción bruta anual de cerca de doscientos cincuenta millones de toneladas métricas con una producción promedio de alrededor de las 14 toneladas por hectárea. Se cultivan cerca de 22 variedades de papa, de alto rendimiento de origen alemán, holandés, francés y canadiense (MAG, 2007).

A nivel de Centro América el líder en producción de papa es Guatemala (10,500 hectáreas y 283,000 TM/Año), seguido de Costa Rica (3,200 hectáreas y una producción de 80,000 TM). Honduras ocupa el cuarto lugar en producción de papa en Centro América (1,300 ha⁻¹ en producción y 21,400 TM). Honduras no ha incrementado el área de producción de papa; adicionalmente se tienen rendimientos por hectárea bastante bajos (entre 14 a 16 TM ha⁻¹), mientras en Guatemala y Costa Rica los rendimientos por hectárea promedian entre 25 a 26 TM (EDA, 2008).

En Centroamérica, Honduras y El Salvador son los países con producción más baja. Guatemala y Costa Rica son los países que tienen mayores áreas sembradas, mejores rendimientos y por lo tanto más oferta regional (ASFE, 2009)

En Honduras el cultivo de papa se inicia en los años 50 del siglo XX, con la importación de semilla de Holanda con variedades como Mirka, Alpha, Red Potiac; en la actualidad se importa semilla de Estados Unidos; Chile; Holanda. Se estima que en Honduras hay unos 3,500 productores de papa, que producen aproximadamente 72 mil toneladas de papa anualmente, la principal área de producción del tubérculo es en los departamentos de Intibucá con 880 ha, Ocotepeque con 119 ha y 50 ha en la Paz. Además, se siembra en pequeñas escalas en los departamentos de Lempira, Francisco Morazán, Santa Bárbara, Copán y el Paraíso (FAO, citado por Pineda, 2010).

La semilla utilizada en Honduras proviene del extranjero y llega al productor a través de organizaciones como CELTA y los intermediarios independientes. Los precios de semilla certificada superan los \$ 50 por quintal. Las principales variedades producidas (Cuadro 1) se han adaptado a las preferencias del consumidor para el consumo fresco e industrial (DICTA, 2007).

Cuadro 1. Principales variedades de papa cultivadas en Honduras.

Variedades	Procedencia	Uso
Provento, Caesar, Bellini, Desiree, Calwhite, Vivaldi, Ajiba	Holanda	Consumo fresco
Atlantic	Estados Unidos	Consumo industrial
Icta Frit, Toyoca	Guatemala	Consumo fresco

Fuente: Adaptado de DICTA (2007)

Según la información recopilada por Hernández (2009), el 74% de los productores usan en el último ciclo de producción de papa semilla de primera siembra. La semilla de primera siembra se importó de diferentes países, siendo Holanda de donde se importa más semilla (43%), seguido de Guatemala (25%). El otro 26% utilizó semilla de la cosecha anterior, (segunda siembra o semilla artesanal).

A diferencia de otros cultivos, se acostumbra multiplicar la papa en forma vegetativa, es decir, a partir de otras papas. Por lo tanto, una parte de la cosecha anual del 5% al 15%, de acuerdo a la calidad de los tubérculos, se conserva para utilizarse de nuevo en la siguiente siembra. Casi todos los agricultores de los países en desarrollo seleccionan y almacenan sus propios tubérculos semilla. En los países desarrollados, los agricultores compran de proveedores especializados "semillas certificadas" sin enfermedades (Hernández, 2009).

3.2 Condiciones edafoclimáticas adecuadas para el cultivo de papa

La producción de papa en el trópico se ve favorecida por las condiciones de clima que se dan en las tierras altas, donde la temperatura es relativamente fresca debido a que la papa requiere temperaturas de 15 a 20 °C para su tuberización (formación de tubérculos) y crecimiento, aunque se adapta bien a temperaturas entre 18 a 25°C (Molina *et al.*, 2004). Aunque a veces temperaturas mayores a los 20 °C afectan la acumulación de carbohidratos en los tubérculos, así como alta temperatura y humedad porque se presentan problemas de enfermedades (MGA, 2007).

La papa necesita una variación entre la temperatura diurna y la nocturna, de por lo menos 10 °C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados. Cuando esta situación se da a menudo, a lo largo del ciclo vegetativo, el rendimiento y la calidad son afectados, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para los tubérculos (Molina *et al.*, 2004).

En cuanto a la precipitación el cultivo de papa no tolera excesos de agua. Las zonas ideales para su cultivación tienen una precipitación anual entre los 500 y 1,200 mm/año (Theodoracopoulos *et al.*, 2008). Por otro lado, la intensidad luminosa además de influir sobre la actividad fotosintética, favorece la floración y fructificación. El período crítico de requerimiento de agua es desde el inicio de la formación de los tubérculos hasta la floración, cuando se debe procurar que la disponibilidad de la humedad no descienda del 50% de la capacidad de campo (Pérez y García, s.f.).

La falta de agua durante la parte media y final del período de crecimiento, es decir, durante la estolonización y el inicio de la formación de los tubérculos y el crecimiento de los mismos, tiende a reducir la producción, mientras que el cultivo sufre menos la falta de agua al inicio del crecimiento vegetativo. También se puede economizar agua permitiendo un mayor agotamiento hacia el período de maduración, a fin de que el cultivo utilice toda el agua disponible en la zona de las raíces, práctica que también puede acelerar la maduración y

aumentar el contenido de materia seca. Las variedades modernas de papa son sensibles a la falta de agua en el suelo y necesitan una irrigación frecuente y superficial. Para reducir las necesidades de agua de la papa los científicos están creando variedades resistentes a la sequía, con sistemas radiculares más largos. Pero se puede economizar una cantidad considerable de agua en el cultivo de las variedades comerciales de hoy mediante la planificación del calendario y la profundidad de las aplicaciones de agua de acuerdo a las etapas específicas del ciclo de crecimiento de la planta (FAO, 2008).

La papa crece mejor en suelos profundos con buen drenaje, de preferencia francos y franco arenoso, fértil y rico en materia orgánica. La papa puede ser sembrada en suelos arcillosos de buena preparación y buen drenaje. El pH ideal del suelo para el cultivo de papa es entre 4.5 y 7.5. En la mayoría de los suelos donde se siembra papa en Honduras el pH no es óptimo por lo que es indispensable el encalado (Theodoracopoulos *et al.*, 2008).

La mayoría de los suelos donde se cultiva papa tienen problemas de erosión, ya que son áreas con grandes pendientes, deforestadas y han sido utilizadas para la agricultura por muchos años, sin la respectiva rotación de los cultivos. El aumento de la población hace crecer la presión sobre esas tierras para satisfacer las necesidades humanas y agrava la situación para muchos productores ocasionando un incremento en los procesos de degradación de los recursos naturales (MGA, 2007).

3.3 Manejo agronómico del cultivo de papa

Preparación del terreno

Esta preparación debe hacerse con la mayor anticipación posible a la siembra, con la finalidad de favorecer la descomposición de los residuos de la cosecha anterior e inducir la germinación anticipada de las malezas, para su buen control al momento de la siembra. Estas prácticas varían de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno (Casaca, 2005).

Esta actividad es una de las más importantes, ya que es la base para un buen desarrollo radicular. Es aconsejable realizarla un mes antes de la siembra. Una buena preparación del terreno consiste en arar y rastrear el suelo con tracción manual, animal o mecánica. Sin una buena producción de raíces es imposible obtener buenos rendimientos. Y además, crear un ambiente propicio para el desarrollo de tubérculos, que al final es lo que interesa como producto. Los implementos agrícolas utilizados para la preparación de suelo (tractores, equipo de arado, rastra, azadones o piochas), deberán estar previamente desinfectados con yodo, cloro u otro bactericida o desinfectante (Mejía *et al.*, 2013).

Manejo de la semilla

La forma más común de reproducción de la papa es por medio del tubérculo, ya sea entero o un trozo de este. Este tubérculo “semilla” tiene la capacidad de producir brotes que se desarrollan en plantas que son réplicas exactas de la variedad original que producía el tubérculo. También dentro de la reproducción asexual de la papa está la reproducción por medio de plantas cultivadas *in vitro*, así como por esquejes. De este tipo de reproducción ya hay producción comercial en otros países, pero en Honduras la fuente exclusiva de semilla comercial es el tubérculo (Theodoracopoulos *et al.*, 2008).

SENASA (2007), describe las condiciones necesarias para la selección de lotes de producción de semilla. En primer lugar el terreno debe estar situado a una altura igual o mayor de 1600 metros sobre el nivel del mar. El terreno debe constituir una unidad de producción separada de otras unidades de producción de papa y de otros cultivos pertenecientes a la familia de las solanáceas. Además, los terrenos deben estar rotulados indicando la categoría, variedad de semilla básica registrada, certificada y autorizada o mejorada la distancia entre cultivos debe ser de cinco metros. La rotación debe ser con cultivos que no pertenezcan a la familia de las solanáceas, según las condiciones establecidas para cada categoría de semilla.

La semilla de papa debe guardarse en lugares cubiertos, bien ventilados y secos para evitar el exceso de humedad o de calor, que favorecen pudriciones, la rápida salida de los brotes y

el secado o deshidratado de las semillas. Se recomienda el almacenamiento bajo luz difusa, esta práctica permite que las semillas se tornen color verde y produzcan brotación uniforme con brotes cortos, gruesos y vigorosos (SENASA, 2007).

Siembra

El mejor desarrollo del cultivo se logra bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad, las cuales varían en las diferentes zonas paperas del país. Al elegir la mejor fecha de siembra es importante considerar que el cultivo de papa requiere de temperaturas no mayores de 25 °C durante su desarrollo y que las temperaturas bajas (10 a 15 °C) y los días cortos (10 a 12 horas luz) promueven la formación temprana de tubérculos (Molina *et al.*, 2004). Los mismos autores dicen que la densidad de plantas adecuada estará en dependencia de los fines del cultivo, la variedad, de las condiciones de crecimiento y sobre todo del tamaño de tubérculos que se deseen cosechar.

Fertilización

Para establecer un programa de fertilización en el cultivo de papa es importante partir de un análisis de suelo y de los requerimientos del cultivo en base al rendimiento que se pretende alcanzar. De acuerdo con estudios realizados, se recomienda aplicar al momento de la siembra todo el fósforo y el nitrógeno en forma de 18-46-0, y la segunda fertilización al momento del aporque aplicando 0-0-60 en forma de KCl (Fernández, s.f.).

El nivel de fertilización del cultivo depende de varios factores y de las interacciones entre ellos. Entre estos factores se destacan: el rendimiento esperado, el cultivar empleado y su precocidad, el tipo de suelo, clima de área de producción, prácticas culturales realizadas tales como época de plantación método de riego y el tipo de producto esperado (papa temprana, tubérculo-semilla, papa para la agroindustria, entre otros.) (Villaruel y Bernal, s.f.).

Aporque

El aporque consiste en aproximar la tierra a las plantas, dejando camellones bien formados. Se deberá hacer cuando las plantas alcancen una altura de 25 a 30 centímetros o su equivalente a un mes de edad. En variedades de estolón corto, se recomienda un aporque a los 35 días después de la siembra. Posteriormente, debe realizarse una aplicación con fungicida de contacto o sistémico para evitar daños de tizón tardío. A las variedades de estolón largo es conveniente darles dos aporques: el primero a los 25 días después de siembra y el otro a los 40-45 días después de siembra (Casaca, 2005).

3.4 Principales enfermedades del cultivo de papa

3.4.1 Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*)

El tizón es la enfermedad de origen fungoso más importante en el cultivo de papa en el mundo, bajo condiciones favorables de temperatura y humedad relativa o lluvia es responsable de grandes pérdidas económicas, puede llegar al 100% si no es controlada, e incluso, con niveles más bajos de infección la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento (Aguilera *et al.*, 2009). Es una enfermedad policíclica, con varios ciclos de infección y de producción de inóculo durante la misma estación de cultivo. Así, se espera que la infección se incremente proporcionalmente tanto en el inóculo inicial como en el nuevo inóculo producido durante la estación del cultivo (Forbes *et al.*, 2014).

La enfermedad se manifiesta con manchas húmedas irregulares de color verde claro, mayormente cerca del ápice y los márgenes de las hojas. Las lesiones jóvenes son pequeñas (entre dos y 10 mm) y de forma irregular, y pueden estar rodeadas por un pequeño halo (tejido verde claro alrededor de la lesión necrótica oscura). A medida que crecen, las lesiones se vuelven más circulares hasta que son delimitadas por los márgenes del foliolo. También puede afectar tallos y tubérculos (Forbes *et al.*, 2014). El daño de esta enfermedad puede reducirse significativamente si se utilizan variedades resistentes o tolerantes a la misma, hacer rotaciones adecuadas de fungicidas sistémicos con fungicidas de contacto. Las

aplicaciones deberán hacerse cada cuatro o cinco días, hasta que las condiciones de alta humedad cambien (Rivera *et al.*, 2002).

3.4.2 Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Esta enfermedad puede atacar a nivel foliar y también a los tubérculos. Se suele considerar como una enfermedad típica de tejidos senescentes, aun cuando se pueden producir infecciones en tejidos más juveniles. Esta enfermedad producirá mayores pérdidas cuando se presente después de floración o durante la tuberización. Se ha calculado que las pérdidas de rendimiento pueden ir desde un 10 hasta un 50% y en papas almacenadas pueden alcanzar hasta un 80% (Acuña y Cádiz, s.f.). La infección foliar se favorece por temperaturas de alrededor de 25 °C y humedad. La lluvia estimula la enfermedad, pero no es necesaria si hay rocío abundante y frecuente. La enfermedad se desarrolla con mayor rapidez cuando se alternan condiciones húmedas y secas en el ambiente (INIA, 2015).

Los primeros síntomas se observan en la parte basal de las plantas, en las hojas más viejas. Las lesiones ascienden gradualmente en la planta hacia las hojas superiores. El síntoma característico se observan anillos concéntricos alternando un color café más oscuro y un café más claro. Esta lesión se puede expandir entre 0.5 y 2 cm. de diámetro dependiendo de las condiciones ambientales y el nivel de tolerancia de la variedad cultivada (Acuña y Cádiz, s.f.). El inóculo de *Anternaria. Solani* sobrevive de un año a otro como micelio o como esporas en restos de plantas o sobre la superficie del suelo, y en tubérculos enfermos (INIA, 2015).

3.4.3 Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)

El hongo causante de esta enfermedad se presenta en casi todos los suelos debido a una amplia gama de hospederos, sobrevive en residuos de plantas y en forma de esclerocios, se disemina fácilmente sobre los tubérculos (Molina *et al.*, 2004). La temperatura óptima para *R. solani* es de 18°C, favoreciéndole condiciones de alta humedad de suelo y ambiente. Sus

rangos mínimos y máximos de temperatura son de 8 y 35°C respectivamente (INA, 2015). El patógeno penetra por las raíces, por heridas o por los sitios de emergencia de las raíces secundarias, y eventualmente invade el xilema causando un marchitamiento severo y finalmente la muerte de la planta. En los tubérculos produce necrosis de haces vasculares (Huarte *et al.*, s.f.).

Los fungicidas convencionales, aplicados a la siembra, al fondo del surco han perdido eficacia contra *Rhizoctonia* y tienen que hacerse aplicaciones posteriores para controlarla, actualmente el hongo resiste más a los fungicidas convencionales debido al cruzamiento entre los 12 diferentes tipos de *Rhizoctonia* generando nuevos tipos, la rotación de cultivos por 3 o 4 años con cultivos no susceptibles a la enfermedad, tal como cereales. Este hongo es un patógeno de suelo y vive en restos de plantas voluntarias y materia orgánica y el uso de semilla libre del hongo y de alta calidad sanitaria disminuirá la probabilidad de daños a brotes nuevos y susceptibilidad de la planta (Bayer, 2013).

3.4.4 Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

La marchitez bacteriana es una enfermedad conocida como “muerto o dormidera”, representa una seria amenaza, especialmente en campos de producción de papa para semilla. A diferencia de otras enfermedades, la marchitez bacteriana no se puede controlar con químicos, por esta razón una vez que se presenta en un campo de semilla este se tiene que descartar para evitar la propagación de la bacteria a otros terrenos libres del problema. Una de las formas de propagación de la enfermedad de una región a otra o de un país a otro, es mediante el traslado de papa-semilla afectada por la bacteria. En el campo la enfermedad puede ser diseminada por escorrentía y salpique de agua de lluvia, riego, suelo contaminado trasladado en los zapatos, herramientas de laboreo del suelo y paso de animales (Molina *et al.*, 2004).

Permanece como saprófito en el suelo por muchos años, por lo que la principal fuente de inóculo es el suelo infectado. Otra fuente importante del patógeno son los tubérculos

infectados en forma latente. Por lo tanto, el tubérculo infectado usado como semilla, constituye un factor importante en el incremento y transmisión de la enfermedad. La temperatura también juega un rol en la incidencia y severidad de la enfermedad, así mientras más calor hace, más se favorece la infección y el avance de la sintomatología. En cuanto al tipo de suelo, la enfermedad se ve favorecida por una amplia variedad, desde arenosos a arcillosos pesados, en un amplio rango de pH. En el campo, la enfermedad se localiza por focos, asociados a menudo con mal drenaje. A su vez, el monocultivo y los restos de plantas de papa y tubérculos infectados que no son cosechados, junto a malas prácticas culturales y sanitarias, traen como consecuencia un aumento del inóculo de *R. solanacearum* en el suelo y un incremento en la incidencia de la enfermedad (INIA, 2015).

3.4.5. Roña de la papa (*Spongospora subterranea*)

Este patógeno pertenece al reino protista, clase plasmodiophoromycetes, orden plasmodiophorales, familia plasmodiophoraceae, género *Spongospora*, especie *subterranea* (SAGARPA, 2014). Existe controversia en cuanto a la posición taxonómica de los Plasmodiophoromycetes y por lo tanto, *S. subterranea*, a pesar de que presenta características comunes con hongos, se considera actualmente como protozoo, no producen hifas y su cuerpo vegetativo es un plasmodio holocárpico. El *phylum* consta de una sola clase (Alexopoulos *et al.*, Harrison *et al.*, citados por Astúa y Rivera, 2005).

S. subterranea es un protozoo plasmodial. Hay dos subespecies diferentes, se diferencian sobre la base del rango de hospedantes pero no de su morfología. *S. subterranea f.sp. nasturtii*, infecta el berro pero no la papa y el tomate. Esta forma especial fue nombrada cuando Tomlinson describió el patógeno causante de la enfermedad del berro, una proposición que automáticamente cambió el nombre del patógeno de la papa y el tomate de *S. subterranea* a *S. subterranea f.sp. subterranea*, puede además afectar a otros hospedantes pero no al berro (Harrison *et al.*, citados por Pérez y García, s.f.).

Según Falloon, datos no publicados, citado por Fallon (2015) *S. subterranea* causa tres enfermedades distintas en el cultivo de papa: 1. Nociva desviación del funcionamiento normal de los procesos fisiológicos, de duración suficiente para causar perturbación o cese de actividad vital, 2. Desarrollo de *S. subterranea* en zoosporangios raíces y la disfunción de la raíz resultante (agua y la absorción de nutrientes), 3. Hiperplasia de la raíz y tubérculo. Las tres enfermedades causadas por *Spongospora subterranea* se separan temporalmente y funcionalmente.

Origen y distribución

La sarna pulverulenta o roña de la papa se encontró por primera vez en Alemania en 1841 y se dispersó por toda Europa en 1855. Fue encontrada en Sudamérica en 1891 y ha sido reconocida en Norte América desde 1911 hasta 1913. A la fecha, la enfermedad se ha generalizado y está presente en la mayoría de las zonas productoras de papa del mundo (SAGARPA, 2014).

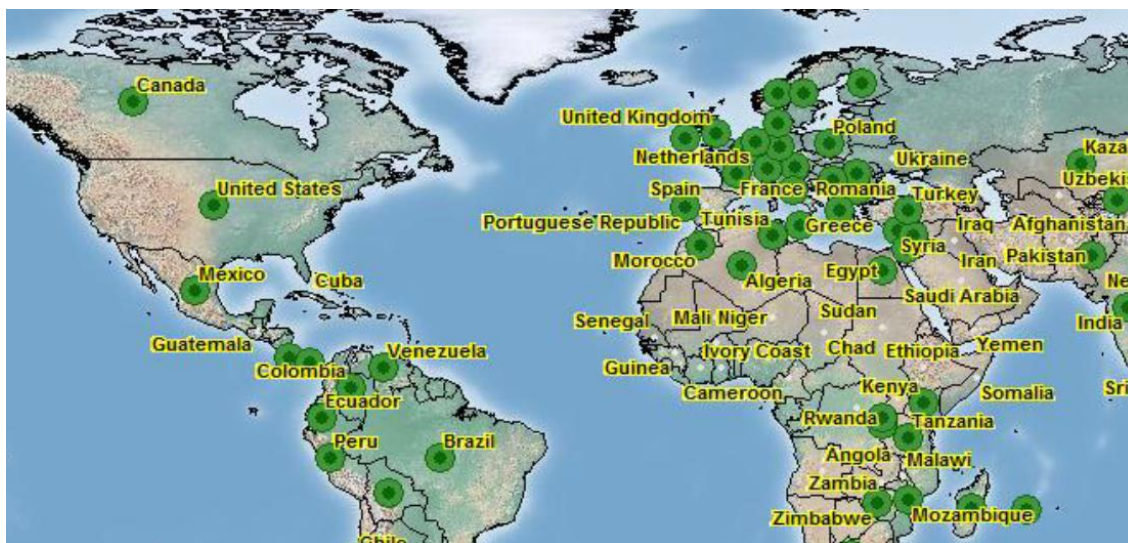


Figura 1. Distribución mundial de la roña de papa (*S. subterranea*). **Fuente** SAGARPA, 2014).

Importancia de *S. subterranea*

Esta enfermedad tiene un efecto cosmético en los tubérculos, haciéndolos desagradables a la vista; por lo tanto, se les rechaza o se reduce su valor comercial. La enfermedad puede ser un factor limitante para la exportación e importación, especialmente de tubérculos semilla. Si el desarrollo de la enfermedad es hasta la formación de canchales, el crecimiento de la planta puede ser inhibido y se reduce el rendimiento (Harrison *et al.*, 1997). El inóculo de *S. subterranea* puede estar constituido por semilla infectada o por suelo contaminado, cualquiera que sea la fuente, posee quistososoros que pueden causar la infección y la enfermedad (Hooker, 1980).

El aumento de intensidad de la producción, donde se utiliza el riego para optimizar la productividad de los cultivos y donde la mayor especialización de la producción requiere ciclos cortos entre cultivos de papa, probablemente se ha traducido en el aumento de la importancia de la enfermedad. Otro factor que ha aumentado la importancia de la enfermedad puede ser la retirada de fungicidas de amplio espectro como tratamientos, que anteriormente eran utilizados para prevenir la transmisión de *S. subterranea* (Fallon, 2008).

Un importante daño indirecto de *S. subterranea* es ser vector de la enfermedad conocida como enanismo de los tallos de papa (Mop Top de la papa), causada por el potato Mop Top virus (PMTV), que provoca una marcada disminución de los rendimientos y afecta severamente la calidad comercial de los tubérculos (Agrios, 1997).

Morfología

El síntoma más frecuente de *S. subterranea* es la presencia de pústulas abiertas con un contenido polvoriento de color pardo rojizo. La forma de estos varía de esférica a oval y el tamaño de 20 a 75 micrones de largo por 20 a 60 micrones de ancho. Estas estructuras contienen los zoosporangios de resistencia. Los zoosporangios adoptan generalmente una forma poliédrica debido a la compresión ejercida por las paredes de los mismos ya que se

encuentran dentro de una vesícula conformando el quistosoro. Este soro define la etapa final del ciclo biológico del patógeno que es holocárpico. Esta etapa va precedida por la existencia de un plasmodio multinucleado dentro de la célula parasitada del hospedero (Lucero, 1998).

Sintomatología

La roña afecta al tejido exterior, pero en ocasiones pueden penetrar más profundo, destruyendo una gran proporción del tubérculo. Normalmente son circulares, con un diámetro entre 0,3 y 1,5 cm, pero coalescen en aquellos tubérculos altamente infectados, también puede dar origen a tumores después de un período prolongado de condiciones que la favorecen (Harrison *et al.*, 1997). En los tubérculos de mayor tamaño la incidencia del patógeno es mucho mayor que en los tubérculos medianos a pequeños, esta enfermedad era muy escasa en la zona occidental de Honduras, según registro de los productores, sin embargo en los últimos años se han encontrado pérdidas económicas arriba del 50% de la producción.

Bajo la lesión se forma peridermo de cicatrización, el que se va oscureciendo gradualmente y se deteriora, dejando una depresión superficial llena de una masa polvorienta de esporas aglutinadas o “quistosoro”, de color castaño oscuro. La lesión esta generalmente circundada por los bordes levantados del peridermo desgarrado. Cuando hay demasiada humedad en el suelo no se forma peridermo de cicatrización, entonces la lesión se expande tanto en profundidad como en extensión, formando áreas con cavidades o verrugas grandes (Hooker, 1980).

La infección también se puede presentar a través de síntomas en las raíces y en los estolones. Esta se produce en forma paralela en ambas estructuras; los síntomas son similares a los que se ven en los tubérculos con manchas necróticas que se transforman en verrugas de color blanco lechoso, de 1 a 10 mm o más de diámetro, las agallas de los estolones son de un tamaño más pequeño que las de las raíces. Las agallas que se forman en las raíces pueden ser tan graves como para producir la marchitez y muerte de la planta (Hooker, 1980).

Ciclo biológico de *S. subterranea*

Es un parásito obligado que se dispersa eficientemente a través de sus estructuras de resistencia (quistosoros) en los suelos, afecta tanto el sistema radicular de las plantas como la calidad de los tubérculos (Fuerte *et al.*, 2014). Su ciclo de vida es de alrededor de 10-14 días. Sin embargo, el tiempo de liberar zoosporas (de un quistosoro) para la infección de una raíz es de una hora (SAGARPA, 2014).

Los aspectos de la biología de *S. subterranea*, incluyendo persistencia a largo plazo en el suelo, capacidad de reproducción rápida, y la capacidad de infectar a huéspedes alternativos, plantea problemas considerables para el desarrollo de un control efectivo de la sarna polvorienta (Fallon, 2008). Muchos aspectos de la biología de *S. subterranea* son poco conocidos, esto se debe en parte a dificultades con la detección y cuantificación del patógeno en el suelo y tejidos del tubérculo (Van de Graff *et al.*, 2003).

Según Hooker (1980), la masa de esporas (quistosoros) constituido por un conjunto de esporas de descanso (quistes) se conservan en el suelo. Estimuladas por la presencia de raíces de plantas susceptibles, germinan produciendo zoosporas primarias, las cuales ingresan a las células epidérmicas de las raíces, estolones o pelos radiculares, donde producen masas multinucleadas (plasmodio esporangial) que originan zoosporas secundarias. Estas últimas diseminan la infección hacia las raíces y tubérculos. Las células del hospedante estimuladas por la invasión de las zoosporas secundarias se agrandan y se multiplican, formándose de esta manera las agallas. Dentro de las agallas se forman finalmente las masas de esporas de descanso.

La formación de agallas dará lugar a la contaminación de los suelos con larga sobrevivencia de *S. subterranea* en esporas de descanso, creando campos no aptos para el cultivo de papa (Fallon, 2015). Esto sugiere esfuerzos para crear variedades de papa con resistencia global a *S. subterranea* mediante el fitomejoramiento y la selección, se deberán tener en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del patógeno en el suelo y planta (Fallon *et al.*, 2003).

El quistosoro es la estructura en la cual el organismo basa su estrategia de sobrevivencia, siendo el estado de menor susceptibilidad en términos biológicos, por tanto, no es un blanco sencillo para agentes de biorregulación, tampoco así lo son las zoosporas, las cuales del mismo modo pueden enquistarse y su duración es relativamente corta comparada con la de otras estructuras; los plasmodios primarios son la tercera estructura que se enquista cuando no hay condiciones favorables para su crecimiento, indicando que en términos de sobrevivencia para *S. subterranea* el enquistamiento de estructuras es un mecanismo de defensa y perdurabilidad en suelos o tejidos de sus hospedantes, lo que al mismo tiempo las convierte en estructuras de difícil control (Hoyos *et al.*,2009).

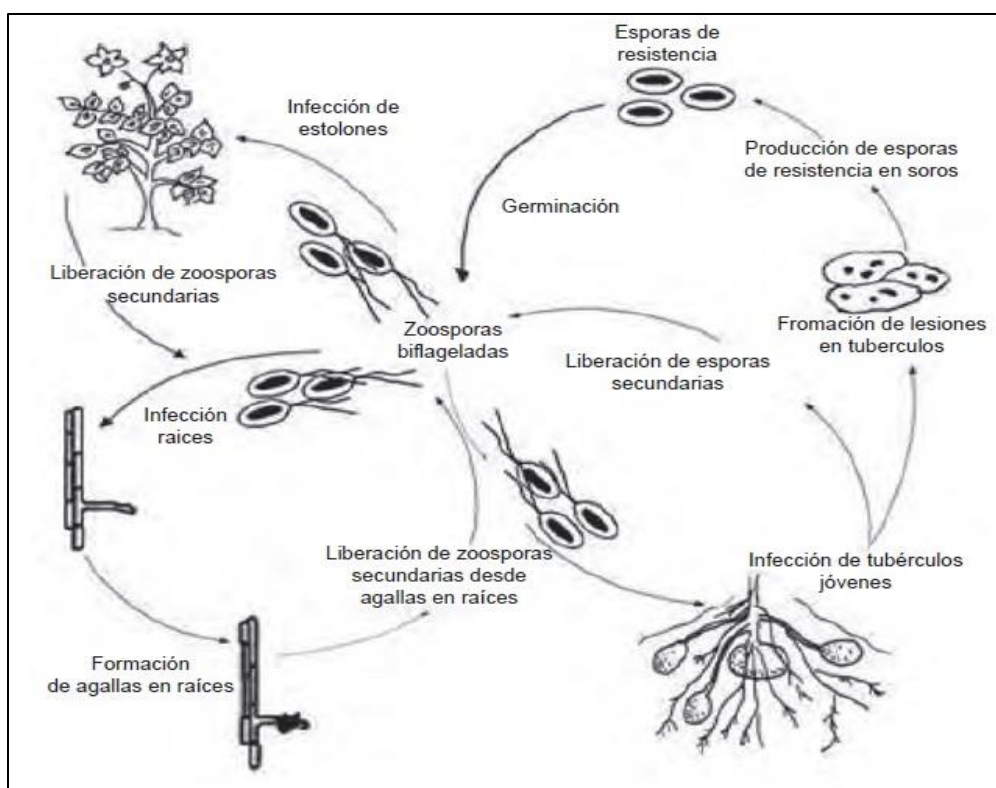


Figura 2. Ciclo de vida de *S. subterranea*. **Fuente:** (Castro y Contreras, 2011)

Epidemiología

La aparición del patógeno y su permanencia en el suelo puede verse influenciada por un sin número de factores, entre ellos: frecuencia en el cultivo, variedades utilizadas, períodos cortos entre cosecha y plantación, humedad del suelo, temperatura del suelo, contenido de

humus en el suelo, entre otros (Merz *et al.*, 2001). Las condiciones ideales para el desarrollo de la roña incluyen alta humedad y temperatura baja (12 ° C - 17 ° C), cuando la producción es en túneles la temperatura es mantenida a 15 ° C - 18 ° C, favoreciendo así el desarrollo de sarna polvorienta (roña). Como resultado las zoosporas continúan infectando raíces y nuevos zoosporangios desarrollan en las raíces, hasta que en el medio ambiente las condiciones ya no son favorables para su desarrollo (Van der Waals *et al.*, 2012.).

Cuando el tejido afectado se rompe los quistosoros son liberados en el suelo, pudiendo persistir en él hasta 10 años. El inóculo inicial está constituido por los quistosoros presentes en suelo infestado y los aportados en semillas infectadas. Con temperaturas frescas y suelos húmedos, los quistosoros germinan y producen zoosporas primarias que nadan hacia las raíces y estolones de la patata. Tras penetrar en las células epidérmicas forman plasmodios que generan zoosporas secundarias que infectan otras raíces y tubérculos (Alvarado *et al.*, s.f.).

El patógeno se extiende lateralmente bajo la epidermis formando nuevos plasmodios y causando verrugas por aumento de tamaño y del ritmo de multiplicación de las células afectadas, mientras que el crecimiento y división de las células del huésped fuerzan la ruptura de la piel hasta desarrollar las típicas lesiones en forma de verruga. En suelos muy húmedos las heridas de la piel no se desarrollan pero las lesiones se expanden en profundidad y en anchura dando lugar a áreas huecas o a verrugas de varios centímetros. Con la formación de nuevos quistosoros se completa el ciclo de la enfermedad (Alvarado *et al.*, s.f.).

Se cree que los quistes pueden presentar una germinación escalonada en el tiempo, lo que favorece la supervivencia del organismo patógeno a largo plazo y aumenta la posibilidad de ocurrencia de las infecciones. Sin embargo, la germinación escalonada requiere que algunas esporas se mantengan latentes cuando las condiciones promueven la germinación. Los mecanismos que controlan la activación de la germinación no se conocen, pero pueden involucrar distintas tasas de maduración, posiblemente por remoción de inhibidores, ya sea por lavado o metabólicamente, antagonismo por parte de otros habitantes del suelo,

estimulación por exudados radicales, o inhibición causada por la composición iónica del agua del suelo, como se ha visto para *Plasmodiophora brassicae* (Harrison *et al.*, 1997).

Hospederos alternos

Este patógeno es un parásito obligado y aun cuando puedan sobrevivir en el suelo como esporas latentes durante muchos años, sólo pueden desarrollarse y reproducirse en un número limitado de hospedantes. El plasmodio vive a expensas de las células del hospedante que ha invadido sin que las destruya (Agrios, 1997).

Cuadro 2. Principales hospedantes en que *S. subterranea* puede sobrevivir a parte de la planta de papa.

Hospedero (nombre común)	Nombre científico
Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i>
Malezas	Género <i>Solanum</i> y <i>Nicotiana</i>
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>
Espinaca	<i>Spinaca oleracea</i>

Fuente (SAGARPA, 2014).

Manejo

El control de estos patógenos es difícil y depende en su mayor parte de que se prevenga la contaminación de suelos libres de patógenos, del uso de tubérculos sanos Agrios (1997). Puede permanecer en el suelo en forma de quistosoros los cuales pueden sobrevivir por más de seis años en condiciones adecuadas (Fajardo *et al.*, 2013). La capacidad de supervivencia de los quistes es tan alta que resisten el paso por el tracto digestivo de los animales (Harrison *et al.*, 1997).

A pesar del fuerte impacto que ocasiona este patógeno en la agroindustria de producción de papa, existen pocas alternativas efectivas para su manejo, dada la ausencia de cultivares comerciales resistentes, a la latencia en el suelo de sus quistosoros y a su difícil detección en tubérculos-semilla asintomáticos. El tratamiento químico de suelos infestados con el patógeno ha mostrado ser muy poco rentable, altamente contaminante y de baja efectividad (SAGARPA, 2014).

Se considera como estrategia única para manejar la roña incluir la combinación de medidas como la rotación de cultivos, la siembra de tubérculo-semilla certificados en suelos no contaminados y la siembra de clones tolerantes/resistentes a *S. subterranea* (Fuerte *et al.*, 2014). Los síntomas de la enfermedad no se observan en la planta, en la raíz y estolones se está produciendo la infección por el patógeno y solo se da cuenta de la presencia del patógeno hasta la cosecha.

Con el uso de varios métodos se ha logrado reducir la incidencia y la severidad de la enfermedad, estos incluyen la selección de campo y la rotación de cultivos, la detección oportuna del patógeno, el uso de variedades resistentes, siembra de tubérculos semilla libre de enfermedades y patógenos, plaguicidas apropiados, tratamientos para tubérculos semilla y el suelo infestado, ajuste de estatus de nutrientes del suelo, y el uso de adecuadas prácticas de manejo durante el crecimiento del cultivo (Fallon, 2008).

No se debe utilizar estiércol como fertilizante procedente de animales alimentados con tubérculos infectados, ya que las esporas del patógeno resisten el paso por el tracto digestivo de los animales (Harrison *et al.*, 1997). Evitar los suelos encharcadizos y dosificar bien el riego (Alvarado *et al.*, s.f.). Usar papa-semilla sana en la plantación. No almacenar la papa-semilla sana cerca de tubérculos contaminados. Utilizar un plan de rotación eficaz, por lo menos 7 años, no plantando papas en suelos donde la enfermedad se haya manifestado (Castro y Contreras, 2011). El azufre ha dado resultados satisfactorios en el control de esta enfermedad, pero su uso es limitado porque el suelo se puede volver demasiado ácido para el cultivo de la papa (Alvarado *et al.*, s.f.).

3.5 Productos sintéticos y naturales para el manejo de *S. subterranea*

3.5.1 Banrot 40 WP

Es un fungicida de amplio espectro para controlar las enfermedades provenientes del suelo. Contiene el ingrediente activo etridiazol más un fungicida sistémico para controlar *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Thielaviopsis*. Se puede usar para saturar el suelo en el momento de sembrar las semillas, durante el transplante y también periódicamente durante todo el ciclo de vida de la planta a fin de controlar el problema de los hongos en invernaderos y al aire libre. La dosis recomendada es de 20 gramos por bomba de 18 litros ó 225 gramos por tanque de 200 litros (Scotts s.f.).

Mecanismo de acción: inhibición de la mitosis afectando el desarrollo del turbo germinativo, crecimiento micelial y formación de esporas. Modo de acción. Fungicida de contacto, protector y curativo inhibe la formación de esporas produciendo un crecimiento anormal de hifas, adelgazante de la pared celular, alteración de membranas y desintegración de mitocondrias (Agrotico, s.f.).

3.5.2 Previcur 840 SL

Grupo químico: Propamocarb que pertenece al grupo químico de los Carbamatos y Fosetilo al de los Organofosforados. Es una mezcla de dos fungicidas sistémicos, para el control efectivo de algunos hongos Oomicetos del suelo y del follaje en cultivos hortícolas y viveros de éstos. Estimula los medios naturales de defensa de la planta, minimizando la posibilidad de aparición de cepas resistentes, promoviendo el vigor de las plantas (efecto fitotónico). Presenta sistemía completa, ascendente y descendente, una rápida penetración y acción preventiva y curativa, la dosis recomendada es 200-250 ml/100 litros agua (IRET, 2012).

Propamocarb. Mecanismo de acción: interrumpe el crecimiento inicial de invasión de la espora (fijación y penetración), inhibe la formación de la pared celular, e inhibe parcialmente

el crecimiento del micelio; aplicado antes de la formación del esporangio causa inhibición de la esporulación (antiesporulante). Controla varios estados activos del hongo excepto la dispersión por micelio, impidiendo la colonización del hongo, el avance de la infección en los tejidos, y su posterior dispersión. Modo de acción: sistémico, acción protectora. Absorbido por raíces y hojas y con transporte acrópeto. Afecta la síntesis de membranas, reduce el crecimiento micelial y el desarrollo de esporas (IRET, 2012).

Fosetilo. Modo de acción: sistémico, protector y curativo. Mecanismo de acción: actúa de manera directa. Inhibe la germinación de esporas, la esporulación y el desarrollo del micelio, es absorbido por las hojas y raíces (IRET, 2012).

3.5.3 Derosal 500 SC

Fungicida que pertenece al grupo de las Benzimidazoles, es de amplio espectro sobre hongos de las clases Deuteromycetos, como *Botrytis spp*, *Alternaria spp*, *Fusarium spp*; Ascomicetos, como *Sphaerotheca spp*, *Ventura spp*, y algunos Hyphomycetes como *Rhizoctonia spp*. Formulado como suspensión concentrada (500 SC), con 50 % de ingrediente activo, carbendazim. Dosis que se recomienda es 1-2 L ha⁻¹ (IRET, 2012).

Modo de acción: sistémico, protector y curativo. Absorbido por hojas, raíces y tejido verde y traslocado vía xilema. Afecta la síntesis de ergosterol, detiene el desarrollo del tubo germinativo provocando irregularidades en la división celular y dando lugar a células anormales que provocan la muerte del hongo. Mecanismos de acción: se trasloca desde el punto de penetración a áreas de alta transpiración como hojas en pleno crecimiento. El movimiento hacia arriba y hacia fuera (acrópeto), tiende a concentrar el fungicida en las puntas y márgenes de las hojas, sitios de mayor susceptibilidad por el ataque de los hongos (IRET, 2012).

3.5.4 Tricho-D

Es un producto que tiene como ingrediente activo la cepa del hongo *Trichoderma harzianum*, la cual es una cepa patógena natural antagónica de hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia sp.*, *Verticillium sp.*, *Sclerotium sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Pythium sp.*, *Phoma sp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora sp.* *Trichoderma harzianum* produce ruptura de las paredes hifales del hongo fitoparásito, lo penetra con sus propias hifas y aprovecha los nutrientes de este y lo rompe. Simultáneamente produce sustancias de tipo antibiótico tal como Tricodermín y Harzianopiridona que causan un efecto de fungistasis sobre el fitopatógeno y enzimas de tipo lítico que son capaces de destruir los esclerocios o estructuras de resistencia del fitopatógeno. Se observa también la incapacidad del fitopatógeno de producir esclerocios en presencia de trider, se recomienda 450 g ha⁻¹ (Agahusa agrobiológicos, s.f.).

Son tres los mecanismos involucrados en la biorregulación de organismos patógenos por parte de *Trichoderma harzianum* (Infante *et al.*, 2009).

Micoparasitismo. Es considerado el mecanismo de acción más importante, ya que es un proceso complejo donde está involucrada la producción de enzimas líticas tales como quitinasas, glucanasas, celulasas, xylanases, laminarinasas, esterasas, glucosidasas, lipasas y proteasas. En el micoparasitismo la hifa de *Trichoderma* entra en contacto con la hifa del hongo patógeno e inicia un crecimiento alrededor de la hifa, y por acción enzimática comienza la degradación de la hifa del patógeno; posteriormente, ocurre penetración por parte del hongo antagonista, causando degradación celular, rompimiento hifal y destrucción total de la hifa del patógeno.

Antibiosis. *Trichoderma* tiene la capacidad de producir compuestos orgánicos volátiles, como 2-propanona, 2-metil-1-butanol, heptanal, octanal, nonanal y decanal. La actividad antibiótica como tal, se refiere a los compuestos no volátiles, dentro de los cuales existe un gran número de compuestos de importancia en la actividad biorreguladora de patógenos, algunos de ellos son harzianolida, alameticina, tricolina, viridina, gliovirina, gliotoxina, 6-pentil- α -pirona, isonitrina, trichodermina, suzucacilina y trichorzianina. Estos compuestos

juegan un papel importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos. La combinación de enzimas líticas y antibióticos resulta con un alto nivel de antagonismo frente a organismos patógenos.

Competencia. La competencia por espacio o por nutrientes ha sido considerada uno de los mecanismos clásicos de biocontrol de *Trichoderma*. Este hongo tiene una rápida tasa de desarrollo, lo que hace que sea un fuerte competidor por espacio, a la hora de colonizar la rizosfera. Por otra parte, *Trichoderma* tiene una capacidad superior de movilizarse y tomar los nutrientes del suelo, siendo muy versátil para utilizar sustratos como fuente de carbono y nitrógeno, lo que le permite colonizar un medio rápidamente, evitando la proliferación de otros microorganismos en el mismo hábitat.

Modo de acción: inhibe el crecimiento de hongos patógenos del suelo mediante procesos de competencia natural formando una coraza alrededor de la raíz de la planta y procesos de micoparasitismo necrotrófico de hongos parásitos.

3.5.5 MAI -007 5 SL

Es fungicida de amplio espectro que se produce por la fermentación de la bacteria *Streptomyces hygroscopicus*. Su modo de acción, es un producto sistémico de amplio espectro, es absorbido por las hojas y raíces de la planta y transportado vía xilema y floema por la corriente de la savia. El ingrediente activo de MAI 007 pertenece a un grupo llamado antimetabolitos Nucleósido de pirimidina. El mecanismo de acción del MAI-007, los antimetabolitos son un inhibidor del metabolismo del patógeno. La presencia de antimetabolitos afecta el metabolismo del crecimiento celular y la división celular de los patógenos (bacterias y hongos). Se recomienda una dosis de 0,5-1,5 L ha⁻¹ (Marketing, 2014).

Los productos obtenidos de la fermentación de *Streptomyces hygroscopicus* incluyen principalmente antibióticos, antifúngicos, metabolitos, enzimas extracelulares (quitinasas, peroxidasas, glucanasas) inhibidores enzimáticos, neurotransmisores, terpenoides,

pigmentos, anticancerígenos y pesticidas entre otros; presentan una alta actividad metabólica y son capaces de degradar la materia orgánica vegetal y animal, producen sideróforos, sustancias promotoras del crecimiento vegetal *in vitro*, ayudan a la asimilación del hierro en la fijación de nitrógeno, lo cual contribuye indirectamente a la promoción de crecimiento vegetal. El orden de los Actinomycetales constituye 63 géneros, constituyendo aproximadamente de 20-60% de la población microbiana del suelo (Franco *et al.*, citados Medina *et al.*, 2013). Se ha evidenciado la producción de tales compuestos por especies de actinomicetos, que gracias a su competencia por el hierro actúan como inhibidores del crecimiento de fitopatógenos (Tokala *et al.*, citados por Barreto y Rico, 2011).

3.5.6. Viruta de pino

En la agricultura son numerosos los reportes científicos acerca de la utilización de la viruta de pino en la elaboración de compost para la fertilización orgánica y el mejoramiento de los suelos en diferentes países (Dangler y Milbocker, citados por Ramírez, 2006.). Pero puede contener compuestos fitotóxicos que inhiben la germinación y el crecimiento, cuando son restos recientes, por ello es conveniente almacenarlos y someterlos a tratamiento de "compost" durante algún tiempo, antes de su empleo (FAO, 2002). También es utilizada en la recuperación de suelos degradados, como cobertura de suelos para jardines, macetas, decoración natural en general. Abono orgánico, mejorador del pH (utilizado ampliamente para el cultivo de arándanos), estructura y textura del suelo (UBA, 2011).

La proporción de carbono-nitrógeno es extremadamente alta, por lo que requieren cantidades adecuadas de nitrógeno y de compostaje para evitar efectos negativos en el crecimiento de las plantas (Santos y Obregón, 2013). Según Restrepo *et al.*, (2009) la menor incidencia de *S. subterranea* se obtuvo en el tratamiento con viruta, lo que sugiere que el proceso de metabolismo de los microorganismos descomponedores que la digieren, o los compuestos presentes en dicha viruta, pueden tener efectos negativos en el patógeno, en cuanto a la severidad no alcanzo a ocasionar daños en los tejidos internos de los tubérculos. Es posible que se hubiesen protegido completamente los tubérculos, o que se presentó un efecto de

competencia con este patógeno, impidiendo el desarrollo de la enfermedad. No hay estudios que indiquen que sustancias contiene la viruta para que ayuden al control de esta enfermedad.

3.6 Experimentos para la identificación y control de *Spongospora subterranea*

Efecto de dos microorganismos y un consorcio de micorrizas en combinación con viruta de pino sobre el control de sarna polvosa (*Spongospora subterranea*) en papa (Restrepo *et al.*, 2009).

Incidencia y severidad en la raíz

El tratamiento testigo tuvo el mayor porcentaje de incidencia (32%) demostrando que los tratamientos evaluados redujeron la expresión de la enfermedad y que efectivamente las plantas con mayor expresión de la enfermedad, fueron aquellas a las que no se le realizó ningún tipo de tratamiento para el control de la sarna polvosa. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y *Pseudomonas fluorescens* y los tratamientos con *Trichoderma harzianum*, micorrizas y viruta, presentando una incidencia en raíces de 32%, 21% y 5%, 3% y 1%, respectivamente. *T. harzianum*, micorrizas y viruta tuvieron los porcentajes de incidencia más altos pero a la vez, contrastaron con los porcentajes de severidad obtenidos los cuales mostraron niveles muy bajos de enfermedad 0.22%; 0.088% y 0.019%, respectivamente.

La severidad en raíces, sin diferencias significativas con respecto a *Trichoderma* y *Pseudomonas* lo que permite inferir es que los tratamientos son promisorios para reducir los daños causados por la roña en la papa, pues a pesar de que no se mostró una alta severidad en el testigo, si se observa el efecto benéfico de dichos tratamientos. Se destaca la menor incidencia en el tratamiento con viruta, lo que sugiere que el proceso de metabolismo de los microorganismos descomponedores que la digieren, o los compuestos presentes en dicha viruta, pueden tener efectos negativos en el patógeno.

Incidencia y severidad en el tubérculo

La incidencia en tubérculos tuvo un comportamiento similar a la incidencia en raíces. El testigo (sin control), tuvo la mayor incidencia (2.4%), lo que confirma las ventajas de los tratamientos con microorganismos y viruta de pino. Hubo diferencias significativas únicamente entre el testigo y los demás tratamientos. Sin embargo, es de resaltar que estas diferencias se presentaron con severidades bajas de enfermedad (menores de 1.3%) y es necesario realizar mayores estudios para confirmar estos resultados en condiciones de daño más severo.

Para la severidad en tubérculos, se encontraron diferencias significativas solamente entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos, disminuyendo la severidad de la enfermedad de 1.30% a menos de 0.04% para los tratamientos con micorrizas, *Pseudomonas* y viruta de pino, los cuales no alcanzaron a ocasionar daños en los tejidos internos de los tubérculos.

Respuesta de diferentes poblaciones de *Spongospora subterranea* a la rotación entre dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* spp. indígena) (Jaramillo y Botero, 2007).

En la primera cosecha se observaron síntomas en las raíces por la liberación de zoosporas de las poblaciones de *Spongospora subterranea* con diferentes grados de infección en la variedad Diacol Capiro y con una mínima incidencia en las raíces de la variedad ICA Puracé, la cual posiblemente por ser genéticamente diferente y más precoz, puede escapar inicialmente de la enfermedad.

En el segundo ciclo, la variedad Diacol Capiro, que había desarrollado sarna polvosa (roña) en diferentes grados de severidad con las poblaciones evaluadas, redujo los síntomas, mientras que la variedad ICA Puracé los aumentó, lo que sugiere la posibilidad de la iniciación de un proceso de reconocimiento variedad-raza (forma) del patógeno, o que el

incremento de quistosoros por la variedad Diacol Capiro en la primera cosecha, indujera síntomas que fueron apreciables a simple vista en la variedad ICA Puracé.

En el tercer ciclo se destaca el grado de severidad en raíces de la variedad Diacol Capiro y se observa un aumento ligero en los síntomas con otras poblaciones del patógeno en ambas variedades. Al parecer el patógeno se mantuvo y puede nuevamente reconocer su huésped original. Se percibe que la relación de la raza, forma del patógeno-variedad de papa, fue diferente y que puede estar afectada por las condiciones ambientales, si se tiene en cuenta que hubo un comportamiento variable de las poblaciones en los diferentes ciclos de cosechas y variedades. Harrison *et al.*, (1997) sugieren la presencia de formas virulentas y no virulentas de *Spongospora subterranea*.

La diferencia en la incidencia y severidad de algunas poblaciones sobre las variedades es posiblemente explicada por factores genéticos de las plantas y de las poblaciones del patógeno. En una secuencia de tres cosechas sucesivas en rotación las poblaciones causaron diferente grado de infección en raíces de manera inconsistente, pues en un ciclo unas poblaciones eran más y en el siguiente ciclo fueron menos agresivas, por posible efecto de la interacción con el ambiente y cambio de variedad en la rotación. Los resultados evidencian la mayor resistencia a sarna polvosa observada por los agricultores en la variedad ICA Puracé sin embargo, no se puede afirmar que sea inmune. Es necesario destacar que aunque la variedad ICA Puracé presenta resistencia a la sarna polvosa, no se conoce dicho mecanismo, pero el patógeno podría ir acoplando su metabolismo en un proceso de rotación con la variedad Diacol Capiro a varias cosechas, pudiéndose afectar la calidad de los tubérculos y/o la producción.

3.6.3 Comparación de dos métodos de detección de *Spongospora subterranea* en raíces de plantas hospederas (Arcila *et al.*, 2013).

En esta investigación buscó comparar dos metodologías de detección (microscopía óptica de estructuras y qPCR) de *Spongospora f. sp subterranea* en 20 especies vegetales

frecuentemente encontradas en los ecosistemas alto andinos de Colombia y reportadas como hospedadoras del patógeno, con el fin de establecer el alcance de dos metodologías de detección asintomática (microscopía óptica de estructuras y qPCR) para el apoyo de estudios futuros de epidemiología de la enfermedad.

Se evaluaron 20 especies entre cultivables y arvenses asociadas al cultivo de papa, de cada especie fueron sembradas 14 plantas de las cuales 4 correspondían a testigos no inoculados. Se utilizaron quistosoros provenientes de lotes de papa infestados con *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea*, los cuales fueron extraídos y cuantificados siguiendo la metodología de Alzate *et al.*, citados por Arcila *et al.*, 2013).

El resultado indica que hay una débil concordancia entre la prueba de qPCR (medido este por la cantidad de ADN) y la microscopía, presentándose en la prueba molecular 59 muestras positivas mientras que en la evaluación al microscopio se presentaron 42 muestras positivas, lo que corresponde a solamente 17 muestras en común por lo que el número de concordancias es menor que el de las discordancias. Asumiendo que una planta enferma es aquella que es detectada por cualquiera de los dos métodos, el porcentaje de plantas enfermas fue de 30 %, es decir 84 de las muestras evaluadas.

Cuadro 3. Detección por microscopio de luz y qPCR de *S. subterranea f. sp. subterranea* en raíces de plantas hospederas.

Familia	Especie	Nombre común	Detección Microscópica	Detección Molecular
Alliaceae	<i>Allium cepa</i>	Cebolla de huevo	+	+
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceae</i>	Cerraja	+	-
Apiaceae	<i>Apium graveolens L.</i>	Apio	+	-
	<i>Coriandrum sativum L.</i>	Cilantro	+	-
	<i>Daucus carota</i>	Zanahoria	+	+
	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil	+	+
Brassicaceae	<i>Brassica Oleracea L.</i>	Repollo	-	-
	<i>Raphanus sativus</i>	Rábano	+	+
Fabaceae	<i>Phaseolus Vulgaris</i>	Frijol	+	-
	<i>Pisum sativum L.</i>	Arveja	+	+
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	+	+
	<i>Zea mays</i>	Maíz	+	+
Polygonaceae	<i>Polygonum nepalenses</i>	Corazón herido	-	+
	<i>Rumex crispus</i>	Lechuga de vaca	+	-
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicom</i>	Tomate	+	+
	<i>Physalis peruviana L.</i>	Uchuva	+	+
	<i>Cyphomandra betacea</i>	Tomate de árbol	+	+
	<i>Solanum nigrum</i>	Hierba mora	+	+
	<i>Solanum quitoense</i>	Lulo	+	+
	<i>Solanum phureja</i>	Criolla Colombiana	+	+

La naturaleza de patógeno obligado de su agente causal, su capacidad de sobrevivir en estado latente por largos períodos de tiempo en el suelo y el amplio rango de hospederos alternos que presenta, hace de su detección temprana un aspecto fundamental para el manejo de esta enfermedad. Las estructuras de *Spongospora subterranea* detectadas por microscopía están influenciada por el tipo de hospedero y la interpretación de las observaciones requiere de una considerable experiencia (Narayanasamy citado por Arcila *et al.*, 2013).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del sitio del experimento

El trabajo se realizó en los meses de octubre 2015 a enero 2016 en una zona productora de papa ubicada en el municipio de La Labor, comunidad de Río Chiquito, departamento de Ocotepeque, Honduras C.A. Con una temperatura media entre 14 y 22 °C, altura de 1,758 msnm y una precipitación media anual de 1450 mm. En la zona se siembran las variedades Toyoca, Bellini, Provento Icta Frit y Atlantic. Los periodos más productivos se concentran en los meses de octubre-enero, enero-abril.

4.2 Materiales y equipo

- Azadón
- Machete
- Semilla de tubérculo (papa) infectado por el patógeno
- Canastas plásticas
- Cinta métrica
- Libreta de campo, tablero, lápices y calculadora
- Computadora y cámara fotográfica digital
- Bomba de mochila y recipiente.
- Bomba de motor
- Combustible

4.3 Manejo del experimento

Se seleccionó el terreno considerando buenas condiciones de pendiente con el objetivo de prevenir encharcamiento y así no favorecer las condiciones al patógeno, se eliminó el rastrojo y se dio un pase de arado con yunta de bueyes a una profundidad entre los 20 y los 30 cm, y por último un pase con el azadón eliminando desechos y raíces en el área de trabajo.

La siembra se realizó de forma directa a un distanciamiento de 0.90 m entre surco y de 0.30 m entre plantas, para una densidad de 30,000 plantas ha⁻¹ (EDA 2008). Como material vegetal se utilizaron tubérculos/semilla de la segunda cosecha de un cultivo variedad Toyoca con tubérculos infectados por el patógeno *S. subterranea*.

Para establecer el programa de fertilización se tomaron en cuenta los requisitos recomendados por Sánchez y Fernández, citado por Fernández (s.f.), ellos indicaron que los niveles adecuados para una producción aproximada de 700 qq ha⁻¹ de papa son los siguientes: Nitrógeno 187 Kg ha⁻¹, fósforo 149 Kg ha⁻¹ y potasio 528 Kg ha⁻¹.

El ensayo cubrió un área de 828 m². Se utilizaron 15.33 Kg de nitrógeno, 12.22 Kg de fósforo y 43.30 Kg de potasio. Se realizaron dos fertilizaciones, el nitrógeno y el fósforo al momento de la siembra y el potasio cuando se realizó el aporque del cultivo como lo indicó Fernández (s.f.). Para cubrir parte del nivel de nitrógeno y de fósforo se aplicó un quintal de 18-46-0, con esta misma cantidad de fertilizante se cubrió también el nivel de fertilización de fósforo. La diferencia de nitrógeno se cubrió con 1 ½ quintales de 12-24-12. Para suplir los requerimientos de potasio en el aporque, se aplicó un quintal de 0-0-60 o KCl, (28 días después de la siembra) momento en el cual está iniciando la tuberización en el cultivo.

Para el control de plagas se utilizaron los criterios del MIP (Manejo Integrado de Plagas) haciendo uso de control químico, y muestreos de plagas y enfermedades en el cultivo cada dos días. Para el manejo de enfermedades se realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos para tizón tardío (*Phytophthora infestans*) a un intervalo de tiempo de seis a ocho

días con manzate (mancozeb) y curzate (cimoxanil) a una relación de 2:1 Kg por barril de 200 litros, según fue el desarrollo de la enfermedad las aplicaciones se realizaron en intervalos de menor tiempo. En cuanto al control de malezas, se hicieron dos aplicaciones de herbicida, la primera se realizó antes de la preparación del suelo con Roundup Max 68 SG (Glifosato) a razón de 2 Kg/200 litros de agua, como es un herbicida sistémico, se aplicó 15 días antes de la preparación del suelo, esto permitió llegar a la siembra libre de malezas. La segunda aplicación se hizo con gramoxone (Paraquat) en preemergencia sobre la maleza presente a dosis de dos litros/ha⁻¹, esto garantizó llegar al aporque con el menor nivel de maleza.

Antes de la cosecha se realizó defoliación del cultivo utilizando herbicida gramoxone (Paraquat) 10 días antes de la cosecha, con el objetivo de parar la fotosíntesis, y que el tubérculo se afinara, básicamente para que el tubérculo no desprendiera la epidermis al momento de la cosecha. Fernández (s.f.) recomienda usar 100 ml por bomba de 16 litros. Esta aplicación no causa ninguna contaminación al tubérculo.

4.4 Factores bajo estudio

En el cuadro 3 se presentan los tratamientos que fueron evaluados en el experimento.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación

N° de tratamiento	Descripción	Ingrediente activo	Dosificación
T1	Testigo	Sin aplicación	
T2	Viruta de pino	Material vegetal	74.07 g/ m ²
T3	Banrot 40 WP	Etridiazol	0.10 g/m ²
T4	Tricho-d	Esporas de <i>Trichoderma harzianum</i>	0.37 g/m ² (1.0x10 ⁸ UFC)
T5	MAI 007	Nucleósido de Pirimidina	0.23 ml/m ²
T6	Previcur + Derosal	Propamocarb, fosetilo + Carbendazim	0.46 ml/m ² + 0.23 ml/m ²

Se uso viruta de pino seca porque fresca puede contener compuestos fitotóxicos que inhiben la germinación y el crecimiento de la planta (FAO 2002). Esta se aplicó a razón de 2 Kg por área experimental, tal como recomiendan Restrepo *et al.*, (2009) incorporándola en todo el suelo antes de la siembra. Para fungicidas sintéticos y naturales se realizaron dos aplicaciones, la primera aplicación asperjada sobre el tubérculo al momento de la siembra cuando está distribuido en toda la unidad experimental, y la segunda aplicación a los 28 días al momento del apoque, dirigida a la raíz de la planta.

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones para un total de 24 unidades experimentales, cada una con 5 surcos de 6 m de largo a una distancia entre surco de 0.90 m, en el efecto de borda se descartó un surco en ambos extremos y tres planta al final de cada surco para un área útil a evaluar de 12.6 m² la cual constó de 3 surcos a una distancia de siembra de 0.30 m para un número total de 42 plantas, el área total fue de 828 m² en todo el ensayo.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$$

$i = 1 \text{ T (Tratamientos, control)}$

$j = 1 \text{ r (repetición)}$

Dónde:

X_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Media general

B_j = Efecto del j-esimo bloque

T_i = Efecto del i esimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental

Los factores bajo estudio fueron los fungicidas sintéticos Banrot, Previcur + Derosal y naturales Tricho-D, MAI-007, y viruta de pino.

4.5 Variables de respuesta

4.5.1 Incidencia de la enfermedad

Se realizaron dos muestreos al azar para determinar la incidencia de la enfermedad, y la evaluación final al momento de la cosecha. El primer muestreo se realizó a los 45 días después de la siembra evaluando dos plantas por tratamiento, el segundo muestreo se realizó a los 75 días también incluyendo dos plantas por tratamiento. En la evaluación final a los 105 días se contabilizaron todas las plantas enfermas del área útil por tratamiento en todas las repeticiones y estas se dividieron entre el número total de plantas cosechadas de todos los tratamientos en cada repetición. Si una planta presentó un tubérculo enfermo, esta se consideró planta enferma.

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ plantas enfermas}}{\text{N}^\circ \text{ total de plantas cosechadas}} * 100$$

4.5.2 Tubérculos dañados

Se contabilizó el número de tubérculos dañados por *S. subterranea* para cada tratamiento, también se pesó la cantidad de tubérculos dañados con el objetivo de expresar la pérdida en base al rendimiento del cultivo. El cálculo final se hizo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tubérculos dañados (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tubérculos dañados}}{\text{N}^\circ \text{ de tubérculos cosechados}} * 100$$

4.5.3 Severidad de la enfermedad en el tubérculo

El grado de severidad (grado de infección), de los tubérculos se obtuvo al momento de la cosecha, de cada tratamiento se evaluó directamente por escala visual en base a la porción del área del tubérculo afectado con síntomas y signos de la enfermedad, utilizando como

ayuda un esquema de comparaciones del porcentaje de severidad como se muestra en la figura 3.

Para calcular la severidad en la escala visual se tomó un valor estándar (0.46 %) calculado en base a la escala, para cada pústula del tubérculo y ese valor estándar se multiplicó por el número de pústulas del tubérculo.

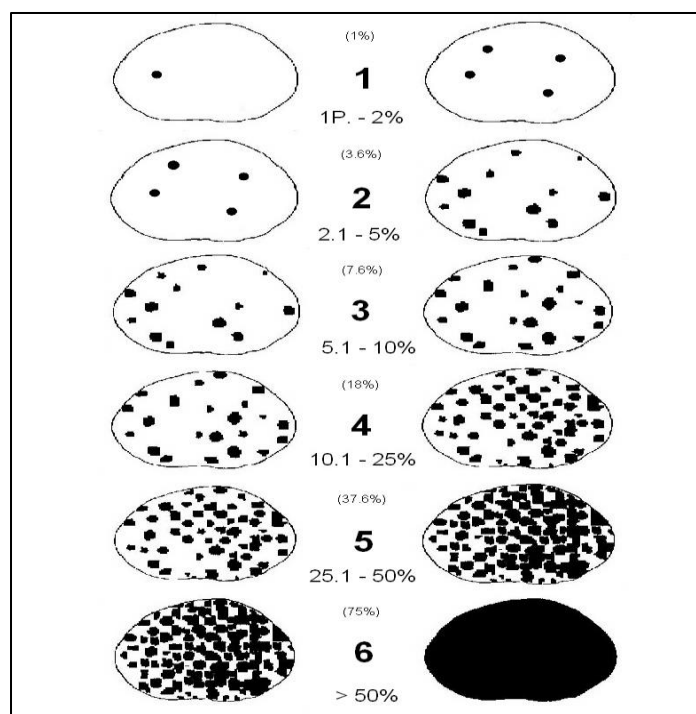
La severidad promedio en el tubérculo se calculó mediante la fórmula siguiente para clasificarlos según la categoría en el diagrama (Figura 3).

Severidad en el tubérculo = $(n \times V_p)$

Dónde:

n = tubérculo evaluado mediante escala visual.

Vp = valor constante de la pústula.



Fuente (Merz 2002)

Figura 3. Esquema de puntuación estándar para la infección del tubérculo por *S. subterranea f.sp subterranea*.

Para obtener la severidad promedio por tratamiento se realizó la sumatoria de la severidad por categoría dividiendo el resultado entre el número total de tubérculos enfermos.

$$S = \frac{(C1) + (C2) + (C3) + (C4) + (C5) + (C6)}{\text{Número total de tubérculos enfermos}}$$

Dónde:

C= categoría según la escala visual

4.5.4 Porcentaje de tubérculo sano a partir de la siembra de tubérculo enfermo

Utilizando tubérculo-semilla infectada con la enfermedad, se determinó el rendimiento de tubérculo libre de la enfermedad, ya que uno de los grandes problemas con este patógeno es que existen cultivares de papa con esta enfermedad y esto puede pasar desapercibido por el agricultor, por lo tanto no ve la enfermedad, sino hasta que cosecha el tubérculo. Para la evaluación de esta variable se tomaron en cuenta datos únicamente del testigo.

4.6. Análisis estadístico

Las respuestas observadas se analizaron con el paquete estadístico InfoStat, se realizó el análisis de varianza ($P > 0.05$). Para las variables que presentaron diferencia estadística entre los tratamientos se aplicó prueba de medias de Duncan con un nivel de significación aproximado a $P > 0.05$.

4.7. Análisis económico

Se hizo un análisis económico parcial de las aplicaciones de todos los tratamientos por hectárea para saber cuál de ellos resultó más económico. La recomendación final se basó en dos criterios: su costo y su eficiencia en el manejo de la enfermedad.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se realizó en los meses de octubre 2015 a enero 2016 en los que se presentó una temperatura mínima de 9 °C y una máxima de 20 °C, con una precipitación de 450 mm comprendidos la mayor parte en los meses de octubre y noviembre, y una humedad relativa del 80%. Se utilizó la variedad de papa Toyoca (segunda cosecha), la semilla contenía el inóculo del patógeno de forma natural, se seleccionó un suelo con historial de la enfermedad.

Para la evaluación de los productos biológicos y sintéticos se realizaron dos aplicaciones ambas a igual dosis (comercial). La primera aplicación de los tratamientos se realizó al momento de la siembra, utilizando un volumen de 5.25 litros por área experimental, asperjado sobre la semilla en el fondo del surco y la viruta de pino se incorporó con el suelo al momento de la siembra, el patógeno ya estaba inoculado en el tubérculo y el patógeno en el suelo de forma natural. La segunda aplicación se realizó a los 28 días después de la siembra, al momento del aporque, se realizó de forma dirigida al pie de la planta, según reportes de productores la incidencia de la enfermedad en la zona de Ocotepeque se da más en los meses de diciembre a enero, donde se presenta una variación de temperatura y pocas lluvias. Esto obliga al productor a realizar riegos y no hay un control en la cantidad de agua que el cultivo requiere ya que la mayoría de los riegos se realizan por aspersión en un intervalo de tiempo de 24 horas.

5.1 Incidencia de la roña

Esta es una variable importante para determinar la eficiencia de los fungicidas utilizados. Para ello se realizaron dos muestreos aleatorios de dos plantas, el primer muestreo se realizó a los 45 días mostrando presencia de la enfermedad los tratamientos testigo y viruta de pino.

El segundo muestreo a los 75 días todos los tratamientos mostraron presencia de la enfermedad.

Los resultados encontrados en la evaluación en la etapa de floración, 45 días después de la siembra, muestran presencia de estructuras del patógeno (pústulas) y esto aumentó cuando se hizo la evaluación a los 75 días después de la siembra. En este periodo no se observó la formación de agallas en la raíz, de acuerdo con lo descrito por Restrepo *et al.*, (2011) y Gilchrist (2009) las altas temperaturas inhiben la formación de agallas en las raíces. En este ensayo se dio aumento inesperado de temperatura en el mes de diciembre de 2015 a enero de 2016.

Cuadro 5. Evaluación final de la incidencia del patógeno a los 105 días después de la siembra

Tratamiento	Incidencia (%)	Tubérculos dañados (%)	Severidad (%)	Tubérculos Sanos (%)
MAI-007	100	64.39	3.55	35.61
Tricho-D	99.40	62.51	4.18	37.49
Previcur + Derosal	99.40	72.80	4.23	27.20
Banrot 40 WP	100	68.59	4.60	31.41
Viruta de pino	98.21	71.56	5.10	28.44
Testigo	100	73.00	6.05	27

Según el análisis de varianza (0.05), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 3). En la evaluación final a los 105 días después de la siembra, todos los tratamientos mostraron daños por la enfermedad, los tratamientos Viruta de pino, Tricho-D y Previcur+Derosal, con incidencia prácticamente de 100% para todos los tratamientos. Sin embargo, la alta incidencia no necesariamente correspondió con alta severidad. Esto porque el patógeno es endémico en la zona y es normal observar pequeñas manchas en algunas plantas que no llegan a dañar los tubérculos.

De acuerdo con Gilchrist (2009), el inóculo natural presente en el suelo durante los experimentos normalmente induce en un 100% la incidencia de la enfermedad en las plantas.

Esto es lo que sucedió en esta investigación y se confirmó que la variedad Toyoca es susceptible a la enfermedad. La misma autora encontró que la infección de *S. subterranea* causa disminución de la biomasa foliar por la presencia de agallas, seguida de la disminución de la producción. La disminución en la producción es consecuencia de la disminución del peso de los tubérculos producidos y no del número de tubérculos.

La supresión de la enfermedad en el suelo, es un fenómeno dependiente de los procesos microbianos que ocurren en microhábitats y biosferas de microorganismos, en el cual el concepto de comunidad microbiana y estabilidad de la misma es determinante (Garbeva *et al.*, citados por Hoyos *et al.*, 2008.). Restrepo *et al.*, (2009), encontraron en un ensayo que *Trichoderma harzianum* y viruta de pino alcanzaron un porcentaje de incidencia de 5% y 1%, lo cual no concuerda con los datos obtenidos en este estudio para *Trichoderma harzianum* y viruta de pino que alcanzaron niveles de incidencia de 99.4% y 98.2%. Los mismos autores destacan que la menor incidencia con el tratamiento con viruta puede deberse al proceso de metabolismo de los microorganismos descomponedores que la digieren, o los compuestos presentes en dicha viruta pueden tener efectos negativos en el patógeno, y que es posible que los suelos cultivados con papa frecuentemente, tengan la microbiota suprimida por el alto uso de agroquímicos, proporcionando un medio favorable para infección y desarrollo de *S. subterranea*. En esta investigación todos los tratamientos presentaron incidencia elevada de la enfermedad, esto se pudo deber a que han sido suelos con monocultivo de papa, la dependencia de agroquímicos por parte de los productores y tubérculo semilla con el inóculo del patógeno.

Gilchrist (2009) sugiere que *T. harzianum* necesita alcanzar una determinada concentración en el suelo para ejercer su efecto bioregulador, esa concentración se puede lograr aplicándolo y esperando que el inóculo se desarrolle en el suelo, o implementando un régimen de aplicación cada 7 días según lo encontrado por Gilchrist y Hoyos (2015). Esto indica que el inóculo aplicado se desarrolló y colonizó muy poco, sugiriendo que se requiere aplicar concentraciones más altas o incrementar la frecuencia de aplicación para garantizar la persistencia del hongo en el suelo, sin embargo no sería económicamente viable (Harrison *et*

al., 1997). Los resultados aquí expuestos son una contribución al entendimiento de la biorregulación de *S. subterranea* con *Trichoderma spp.*, para el cual son bien conocidos los mecanismos, enzimas, toxinas y metabolitos que bloquean los patógenos (Harman, 2006).

Los resultados también indican que en términos generales plantar con semilla enferma se traduce en un alto porcentaje de tubérculos enfermos cosechados, ya que el inóculo del patógeno estaba en el tubérculo semilla y fue sembrada en suelo infectado. Según Restrepo *et al.*, (2001), es posible que la planta pueda entrar en contacto con el patógeno en cualquier momento de su ciclo, llevando esto a múltiples infecciones en diferentes momentos y por lo tanto, a desarrollar síntomas visibles más fácilmente. De acuerdo con Stachewicz *et al.*, (2001) la aparición de *S. subterranea* y su permanencia en los suelos puede verse influenciada por un sin número de factores, como por ejemplo, la frecuencia en el cultivo, humedad del suelo, temperatura del suelo, contenido de humus en los suelos, entre otros. Sin embargo, Gilchrist (2009) demostró que resultados observados en el suelo Andisol, confirman la importancia que tiene la capacidad de retención de agua del suelo en el desarrollo de la sarna polvosa. No obstante, los resultados observados en suelo Inceptisol indican que ésta no es la única característica del suelo que puede influenciar el desarrollo de la sarna polvosa.

Restrepo *et al.*, (2011) en su ensayo encontraron que, los quistosoros en tubérculos son más jóvenes que los que se encuentran en suelo, teniendo posiblemente una mayor patogenicidad, ya que, estos últimos permanecen como una reserva por largos períodos en el suelo en contacto con microorganismos de diferentes niveles de humedad y temperatura, además de una menor actividad biológica debido a la ausencia de señales de reconocimiento de su principal hospedante, lo que puede afectar la calidad y cantidad de zoosporas que se generan a partir de estos quistosoros.

De acuerdo con Stachewicz *et al.*, (2001), unos 350 mm de agua caída durante el período vegetativo también favorecerían el desarrollo de la enfermedad, ya que las zoosporas necesitan agua para moverse. En el ensayo se presentó una precipitación de 450 mm en los

meses de octubre y noviembre lo que ayudó al patógeno a su desarrollo y reproducción y presentar incidencia de 98% a 100% en los tratamientos.

En ensayo realizado por Van de Graaf *et al.*, (2003) se encontró que los tubérculos presentaban un grado mayor de infección bajo un régimen de humedad constante, que cuando el régimen de humedad era fluctuante. Esto puede explicar los bajos niveles de la enfermedad que se encuentran en suelos de baja humedad (Houser y Davidson 2010). Un estrés hídrico también puede desencadenar una resistencia a la respuesta de menor incidencia de sarna polvorienta en algunos cultivares de papa. Lo anterior concuerda con los datos encontrado en el ensayo ya que la humedad fue constante en los meses de octubre a noviembre.

5.3 Tubérculos dañados

Para la variable tubérculos dañados los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa (Anexo 4). Sin embargo, es importante aclarar que para efectos de análisis del daño cosmético en el tubérculo por la enfermedad, se ha tomado en cuenta que una pústula del patógeno presente en un tubérculo se considera tubérculo enfermo, aunque esto en el mercado local y nacional representa una pérdida mínima en comparación con la alta severidad de la enfermedad.

Los tratamientos que presentaron los niveles más bajos de daño cosmético en el tubérculo (cuadro 5) fueron el Tricho-D 62.51%, MAI-007 64.39% y Banrot 40 WP 68.59%. Se observa que con estos tratamientos se logró reducir el daño cosmético en un 10.49%, 8.61% y 4.41% respectivamente con respecto al testigo. Lo anterior demuestra que aunque se presentó el patógeno es los tratamientos, el control con estos tres productos tiene un efecto positivo en la reducción del daño causado por *S. subterranea*.

De acuerdo con Del Pilar Salas de los Santos (2005), al utilizar tubérculo semilla enfermo se obtiene un 30.33% de tubérculos con daño cosmético por *S. subterranea*. En el ensayo se

encontraron porcentajes de tubérculos con daño cosmético entre 60% y 73%, producto de la utilización de tubérculo semilla con el inóculo y el suelo con el inóculo de forma natural.

Torres (2002) señala que esta enfermedad afecta la calidad de los tubérculos pero no los rendimientos. En el ensayo se vio afectado también el rendimiento donde hay que tomar en cuenta la condición de la semilla (segunda cosecha). Jaramillo *et al.*, citados por Del Pilar Salas de los Santos (2005) mencionan que *S. subterranea* afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos y además Calderoni citado por Del Pilar Salas de los Santos (2005) plantea que la enfermedad produce daños serios en los rendimientos solo cuando adquiere gravedad y se generaliza.

5.2 Severidad de la enfermedad

Para la severidad promedio en tubérculos, según el análisis de varianza (Anexo 6) se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La prueba de medias de Duncan ($P \leq 0.05$) detectó diferencias significativas entre los tratamientos MAI-007, Tricho-D, Previcur+Derosal con respecto a los demás tratamientos, disminuyendo la severidad de la enfermedad en un 2.5% MAI-007, 1.87% Tricho-D y 1.82% Previcur+Derosal, en comparación con el testigo (Ver figura 4).

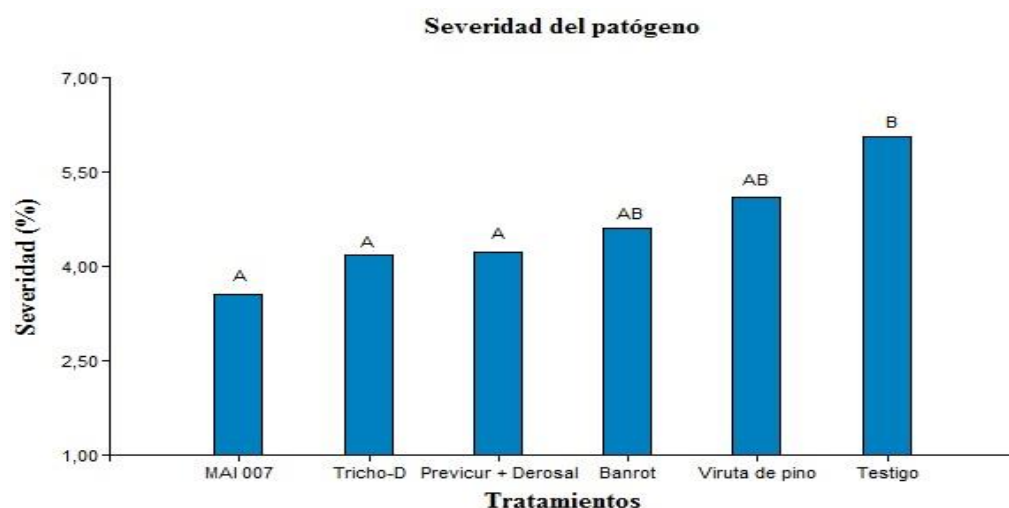


Figura 4. Severidad de roña causada por *S. subterranea* en tubérculos de papa.

Es posible que los tratamientos basados en los productos biológicos hayan entrado en competencia con el patógeno por espacio. El tratamiento sintético Previcur + Derosal en estos suelos infectados con el patógeno ha mostrado ser poco rentable ya que es contaminante y de alto costo (SAGARPA, 2014).

El tratamiento biológico MAI-007 presentó disminución de la severidad de 2.5% con respecto al testigo, debido a la acción preventiva y curativa, que actúa como antimetabolitos inhibiendo la síntesis de proteína del patógeno, especialmente a nivel de división y crecimiento celular (Marketing, 2014).

El uso de estos organismos como agentes de control biológico de enfermedades radiculares es de gran interés en la actualidad, la presencia endofítica de *Streptomyces* sp., juega un importante rol en el desarrollo y salud de plantas, ya que ellos ayudan en el crecimiento de las mismas por la asimilación de nutrientes o por la producción de metabolitos secundarios (Sánchez-Yáñez *et al.*, citados por Medina *et al.*, 2013). El tratamiento MAI-007 por su capacidad antagonica mostrada en el presente trabajo, podría ser considerado un potencial candidato en el control de patógenos de este tubérculo en el marco de una agricultura sostenible. Rojas *et al.*, (2015) encontró que cepas de actinomicetos aislados poseen un relevante antagonismo contra importantes fitopatógenos fúngicos y bacterianos de *Solanum tuberosum* spp. *andigena*.

En cuanto a los datos obtenidos en el ensayo para *Trichoderma harzianum* este presentó disminución de la severidad de 1.82% y viruta de pino con 0.95% con respecto al testigo, estos datos se relacionan con los de Restrepo *et al.*, (2009), quienes observaron que donde el suelo estaba inoculado con *Trichoderma harzianum* presentó 0% de severidad, y el tratamiento viruta de pino disminuyó la severidad de 1.30% a 0.04% no observándose daño en el tejido interno del tubérculo.

En el ensayo se registraron resultados de severidad similares a los reportados en los trabajos mencionados anteriormente. La severidad de la enfermedad no fue tan alta, posiblemente por

la influencia de otros factores como los cambios de temperatura y la humedad antes mencionadas, o por la germinación escalonada del quistosoro, como lo reportan Harrison *et al.*, (1997).

5.4 Tubérculo sano a partir de siembra de tubérculo enfermo (%)

Para la evaluación de esta variable los tratamientos se compararon con el testigo absoluto, al cual no se aplicó nada para contrarrestar el ataque del patógeno. Según el análisis de varianza (Anexo 7) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, todos presentaron un porcentaje de daño cosmético por arriba del 50% como se muestra en el cuadro 5. Se encontró solo un 27% de tubérculo libre del patógeno en el tratamiento testigo, lo cual refleja altas pérdidas económicas para el productor al no usar un tratamiento para la enfermedad en el cultivo.

Según registros de productores de la zona de Ocoatepeque (HN), se ha sembrado semilla infectada del patógeno en suelos donde no hay historial de la enfermedad, y se ha cosechado tubérculo libre de la enfermedad, sin embargo también se ha sembrado semilla certificada en suelos con el inóculo natural de la enfermedad y se ha visto afectada fuertemente la producción.

A diferencia de los datos encontrados por Del Pilar Salas de los Santos (2005), donde la utilización de tubérculo semilla sana o enferma no presentó ningún efecto sobre el rendimiento comercial en las distintas fechas de plantación evaluadas, en el ensayo se vio afectado el rendimiento de tubérculo comercial en porcentajes altos debido a los efectos de la enfermedad. La misma autora concluyó que al utilizar tubérculo semilla enferma y semilla libre del patógeno, la sanidad de la semilla al momento de la plantación influyó en el porcentaje de tubérculos sanos al momento de la cosecha. En esta investigación el uso de semilla enferma en el ensayo afectó el rendimiento comercial. Sería necesario seguir evaluando este parámetro ya que no hay mucha literatura sobre el porcentaje de tubérculo

sano cosechado a partir de semilla infectada por el patógeno y su aceptación en el mercado, además es importante realizar ensayos con otras variedades de papa producidas en la zona.

5.5 Análisis de costos de los productos evaluados

Para hacer el análisis se consideró el precio de los fungicidas y la mano de obra para realizar las aplicaciones. El costo de estos productos en las casas comerciales es de HNL. 850.00 el litro de MAI-007, HNL. 1,250.00 el litro de Previcur, HNL. 629.00 el litro de Derosal, HNL. 560.00 los 400 g de Tricho-D, HNL. 350.00 los 113 g de Banrot 40 WP, HNL. 10.00 el Kg de viruta de pino. Estos costos se contrastaron con el ingreso obtenido por la venta del producto comercial para obtener la utilidad.

Cuadro 6. Costo de aplicación de los productos evaluados, rendimiento comercial (Kg) y utilidad económica.

Tratamiento	Costos fijos ha ⁻¹ (HNL)	Costos variables ha ⁻¹ (HNL)	Rendimiento total Kg ha ⁻¹	Tubérculo con daño cosmético Kg ha ⁻¹	Tubérculo sano Kg ha ⁻¹	Ingreso Total (HNL)	Utilidad Total (HNL)
Tricho-D	93,455.00	5,486.11	15,513.89	12,103.17	3,410.71	145,719.44	46,778.33
MAI 007	93,455.00	2,268.15	14,880.95	11,218.25	3,662.70	142,786.11	47,062.96
Banrot 40 WP	93,455.00	3,527.27	16,773.81	11,964.29	4,809.52	166,191.67	69,209.40
Viruta de pino	93,455.00	7,700.70	12,446.43	9,107.14	3,339.29	121,550.00	20,394.21
Previcur + Derosal	93,455.00	7,542.64	14,160.71	10,912. 70	3,248.02	134,047.22	33,049.58
Testigo	93,455.00		14,878.97	11,448.41	3,430.56	140,983.33	47,528.33

Costos variables ha⁻¹ = costo de los productos utilizados, más HNL. 300.00 por su aplicación.

El precio por Kg de papa se tomó del sistema de información de mercados de productos agrícolas de Honduras donde se menciona que los tubérculos sanos se venden a HNL 15.40 el Kg y los que presentan daño cosmético a HNL. 7.7 el Kg.

En cuanto a los tubérculos con daño cosmético en futuras investigaciones se deberá realizar una categorización en base al número de pústulas para su comercialización, creando así un

régimen de precios para los diferentes porcentajes de daño en el tubérculo, en la investigación se tomaron precios de forma generales para los tubérculos dañados, razón por la cual los muchos tratamientos tienen utilidad económica similar a la del testigo, cuando algunos tratamientos los tubérculos presentaban una, dos o tres pústulas y estos se deberían comercializar a un precio mayor que los presentaron un número mayor de pústulas .

De acuerdo con el rendimiento de tubérculo sano los mejores tratamientos fueron Banrot 40 WP, MAI-007 y Tricho-D, sin embargo, con el tratamiento Tricho-D se obtuvo una utilidad de HNL 46,778.33 debido a que es un producto de alto costo, siendo superado en eficiencia por Banrot 40 WP y MAI-007.

Para una hectárea de papa se invierten HNL. 93,455.00 (Anexo 5), el productor no realiza planes de inversión, la falta de registros se convierte en pérdidas, por lo que el productor no se da cuenta que para producir un Kg de papa debe invertir HNL. 6.02.

La utilidad por la venta de tubérculos sanos y dañados para Banrot 40 WP fue de HNL 69,209.40, lo cual equivale a un 16.99% más de lo obtenido al aplicar Previcur+Derosal que es un producto muy utilizado por los productores en la zona. También se observa que con este tratamiento se obtuvo un 7.93 % más de utilidad en comparación con el testigo absoluto, esto refleja la pérdida económica que un productor de papa tendría si no hace la aplicación de productos fungicidas adecuados. Se obtuvo una relación beneficio/costo de HNL 1.7 para Banrot 40 WP lo que significa que por cada lempira invertido se obtendría HNL 0.65. En cuanto al producto MAI-007 se obtuvo una utilidad de HNL 47,062.96 con un 8.31% más por hectárea en comparación con el producto Previcur+Derosal con una relación beneficio/costo de HNL 1.5.

Según los costos de aplicación los tratamientos más adecuados en términos de eficiencia en cuanto a incidencia y severidad fueron Banrot 40 WP, MAI-007 y Tricho-D. Estos representan la mejor alternativa de manejo de *Spongopora subterranea* disminuyendo la

severidad y por lo tanto reduciendo la cantidad de tubérculos dañados. Sin embargo, los tratamientos que presentaron mejor utilidad económica fueron el sintético Banrot 40 WP y el biológico MAI-007, esto debido a su buen efecto sobre el patógeno y su bajo costo.

VI. CONCLUSIONES

Ninguno de los tratamientos fue efectivo en reducir la incidencia de la enfermedad.

Los tratamientos MAI-007, Tricho-D y Previcur-Derosal mostraron una disminución de la severidad en comparación al testigo de 2.5%, 1.87% y 1.82% respectivamente.

Se encontró que los tratamientos que presentaron menor daño cosmético del tubérculo son Tricho-D con 62.51%, MAI-007 con 64.39% y Banrot 40 WP 68.59%.

De acuerdo con el análisis económico los tratamientos más eficientes en cuanto a manejo de la enfermedad fueron el sintético Banrot 40 WP y el biológico MAI-007.

La siembra de tubérculo semilla con la presencia de *S. subterranea* aumenta la incidencia y severidad del patógeno en los tubérculos cosechados.

VII. RECOMENDACIONES

Emplear el uso de semilla de papa libre del patógeno y de ciclo reproductivo más corto para reducir la cantidad de tubérculos dañados.

Aplicar los productos MAI-007, Banrot 40 WP como medida de prevención y disminución del daño causado por la enfermedad.

Se recomienda realizar dos aplicaciones de los tratamientos, una al momento de la siembra y la otra al momento del aporque 28 días después de la siembra, recomendando realizar una tercera aplicación al momento del desarrollo del tubérculo entre los 60 a 65 días después de la siembra para intentar proteger el tubérculo en la etapa del cultivo en que más se ve afectada la planta.

Realizar ensayos con tubérculo semilla con el inóculo del patógeno, utilizando los tratamientos biológicos Tricho-D, MAI-007 y el sintético Banrot 40 WP con diferentes niveles de dosificación.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Acuña I.B y Cádiz F.M s.f. Reconocimiento y manejo del tizón temprano de la papa (en línea). Chile. Consultado 18 Jul. 2015. Disponible en https://www.google.hn/?gws_rd=cr&ei=ak2lvdaoiss2emb2p_an#q=reconocimiento+y+manejo+del+tiz%C3%93n+temprano+de+la+papa

Agahusa agrobilogicos s.f. Trider *Trichoderma Harzianum*. (pdf). Consultado 26 jul. 2015. Disponible en <http://esh30.esoft.com.mx/Sistema/include/Archivos/30/34/Documentos/PD30342011472551545.pdf>

Agrios 1997. Fitopatología. (pdf). México. Consultado 18 jul. 2015. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/19829825/Fitopatologia-Agrios#scribd>

Agrotico s.f. Banrot 40 WP Fungicidas. (pdf) Costa Rica. Consultado 25 Jul. 2015. Disponible en http://www.agrotico.net/ProteccionServicioTecnico/Perfiles_de_Producto_Proteccion/Banrot%2040%20WP.pdf

Alvarado M., Andújar M.E., Durán J.M., Flores R., Montes F., Morera B., Muñoz C., Ortega M.G., Páez J.I., Rosa A de la., Sánchez A.M., Serrano A., Vega, J.M. s.f. Plagas y enfermedades de la patata. (pdf). Andalucía, Esp. Consultado 18 Jul. 2015. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161077Plagas_y_enfermedades_de_la_patata.pdf

Houser A. y Davidson R 2010. Desarrollo de un ensayo de invernadero para evaluar la patata Germoplasma para la susceptibilidad a polvoriento Costra. (pdf) San Luis, Colorado, E.U.A. Consultado 03 may 2016. Disponible en <http://potatoes.colostate.edu/wp-content/uploads/2014/03/Pscab-GH-essay.pdf>

Arcila I. M., Zuluaga C. M., Marín M. A., Cotes J. González E. P. 2013. Comparación de dos métodos de detección de *Spongospora subterranea f. sp. subterranea* en raíces de plantas hospederas.(pdf) Medellín, Colombia. Consultado 20 Jul. 2015. Disponible en <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/348/143>

ASFE (Centro de Agronegocios Santa Fe). 2006. Perfil del mercado de la papa: mundial, regional y nacional. (pdf). Honduras. Consultado 5 Jun. 2016. 17 p.

Astúa M. y Rivera C. 2005. Biología e importancia económica de *Spongospora subterranea f.sp. subterranea*, agente causal de la sarna polvorienta o roña de la papa en (línea). CATIE, CR. Consultado 23 Jul. 2015. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/5828>

Barreto I. A. y Rico C. C. 2011. Cuantificación de la actividad enzimática tipo quitinasa de actinomicetos y su capacidad antagónica frente a hongos fitopatógenos (pdf) Bogotá, Colombia. Consultado 8 Jun. 2016. Disponible en <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8818/1/tesis765.pdf>

Bayer 2013. Lo último en control de *Rhizoctonia*. (pdf) consultado 5 may. 2016. Disponible en [http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/product_cont/\\$file/folleto_emesto_7102013.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/product_cont/$file/folleto_emesto_7102013.pdf)

Casaca A 2005. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. (pdf). Consultado 16 jul. 2015. Disponible en <http://gamis.zamorano.edu/gamis/es/Docs/hortalizas/papa.pdf>

Castro I. y Contreras A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa. (pdf). Valdivia, Ch. Consultado 10 jul. 2015. Disponible en <https://agriskmanagementforum.org/sites/agriskmanagementforum.org/files/Documents/Manejodeplagasyenfermedades.pdf>

Del Pilar Salas de los Santos C.D. 2005. Evaluación de la incidencia de *Spongospora subterranea* (Wall.) Lagerh en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando papa semilla enferma con 10% de incidencia. (pdf). Valdivia, Ch. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fas261e/sources/fas261e.pdf>

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2007. Análisis del mercado nacional e internacional de la papa. Unidad de agronegocios. Consultado 10 Jun. 2016.

EDA 2008. (Entrenamiento y desarrollo para agricultores). Papa Zonas de producción principal producción. (pdf). Honduras. Consultado 2 jul. 2015. Disponible en http://www.mcahonduras.hn/documentos/publicacioneseada/mercadeo/EDA_Mercadeo_Resumen_Papa_11_06.pdf

Fajardo M.A., Gonzales E.J., Castaño H.I. 2013. Estudio de extractos vegetales en la inhibición de la liberación de zoosporas de *Spongospora subterranea f. sp. Subterranea* Consultado 25 jul. 2015. V. 9

Fallon R. 2008. El control de la sarna polvorienta de la papa hacia una gestión integrada de enfermedades. (pdf) Consultado 14 may. 2016. Disponible en <https://translate.google.com/?hl=es#en/es/Control%20of%20Powdery%20Scab%20of%20Potato%3A%20Towards%20Integrated%20Disease%20Management>

Fallon R. 2015. Infección de las raíces de la papa por *Spongospora subterranea* revisión conocimiento y la evidencia para la disminución de la productividad de la planta (pdf) consultado 14 may. 2016 disponible en http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.12419/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=license_denied

Falloon R.E. Genet A. Wallance A. y Butler R. 2003. Susceptibilidad de la papa (*Solanum tuberosum*) cultivares a la sarna polvorienta causada por *Spongospora subterranea*, y las relaciones entre los tubérculos y la infección de la raíz (pdf) Australian. Consultado 14 may. 2016.

FAO (Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo (pdf). Roma. Consultado 21 Ago. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/s8630S/s8630S00.pdf>

FAO (Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2008. La economía mundial de la papa. Año internacional de la papa. División de Comercio y Mercados de la FAO (en línea) Consultado 8 may. 2016. Disponible en www.potato2008.org.

FAO (Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2008. La papa y la inflación de los precios de los alimentos. Año internacional de la papa. División de Comercio y Mercados de la FAO. (En línea) Consultado 8 may. 2016 disponible en www.potato2008.org.

FAO (Organización De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. La papa y los recursos hídricos. (En línea) Año internacional de la papa. División de Comercio y Mercados de la FAO. Consultado 8 may. 2016 disponible en www.potato2008.org

Fernández J.A. s.f. Guía para el manejo y producción de papa *Solanum tuberosum* en la parte alta del departamento de Ocotepeque. (en línea). Hond. Consultado 16 jul. 2015. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/239586738/Guia-de-Cultivo-de-Papa#>

Forbes G.A. Pérez W. Piedra J. A 2014. Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo (pdf) Consultado 8 may. 2016 disponible en <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/006182.pdf>

Fuerte V.R., Montoya M.M., Juan Gonzalo Morales J.G., Cotes J.M., Gutiérrez P.A. 2014. Sobreexpresión de genes en la interacción de *Spongospora subterranea* (Wallr.). Lagerh y dos cultivares de *Solanum phureja* Juz. et. Buk. (pdf). Medellín, Col. Consultado 24 Jul. 2015. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v29n1/rpv03114.pdf>

Gilchrist E. R. y Hoyos H. A. 2015. Biodisponibilidad de *Trichoderma asperellum* en el tiempo en suelo Andisol en condiciones de laboratorio y campo (pdf) Colombia. Consultado 18 May.2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v12n1/v12n1a08.pdf>

Gilchrist E.R. 2009. Análisis del efecto de la sarna polvosa en papa *Solanum tuberosum* y *Solanum phureja* en un andisol (pdf). Consultado 11 may. 2016. Disponible en www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a05v62n1.pdf

Gilchrist E.R. 2009. Alternativas para el manejo integrado de la sarna polvosa de la papa (*Spongospora subterranea f.sp. subterranea*). Tesis Ph.D. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 25 Jul. 2015. 95 p.

Harman G.E. 2006. Descripción general de los mecanismos y usos de *Trichoderma* spp. Fitopatología. (pdf). Consultado. 18 jul. 2015. Disponible en <http://www.hort.cornelledu/departament/faculty/harman/pubs/06APSsymp.pdf>

Harrison J.G., Searle R.J., Willams N.A. 1997. Powdery scab disease potato: A review. Plant Pathology. (pdf). Consultado. 18 jul. 2015. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-214.x/epdf>

Hernández L. O. 2009. Caracterización del potencial agroecológico y socioeconómico de la producción, uso y manejo de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) (pdf) Trifinio, Honduras. Consultado 12 may. 2016 disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8054/226.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Hooker W. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Trad. Por Teresa Ames de Icochea. (pdf). Perú. Consultado 21 Ago. 2015 http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD693.pdf

Hoyos L., Villegas M., González E.P. 2009. Observaciones histológicas de estructuras celulares asociadas a *Spongospora subterranea* f *sp. subterranea* en papa. (pdf). Medellín, Col. Consultado 21 agot. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n2/a02v62n2.pdf>

Hoyos L.M, Jaramillo S, Peralta S.O. 2008. Evaluación de *trichoderma asperellum* como biorregulador de *Spongospora subterranea* f. *sp.subterranea*. (línea) Medellín Colombia. Consultado 06 May. 2016. Disponible en http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000200003&lng=es&nrm=

Huarte M.A., y Silvia B.C. s.f. Cultivo de papa. (pdf). Consultado 17 Jul. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/cultivo-de-papa/at_multi_download/file/inta-%20huarte_capezio_papa2013.pdf

Infante D, Martínez B, González N, Reyes Y 2009. Mecanismos de acción de *trichoderma* frente a hongos fitopatógenos (pdf) Habana, Cuba. Consultado 6 jun. 2016. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>

INIA 2015. (Instituto Nacional de Investigación Agraria) Manual interactivo de la papa (línea). Chile. Consultado 2 may 2016. Disponible en <http://manualinia.papachile.cl/?page=etapas&etapa=1>

IRET (Instituto regional de Estudios de sustancias toxicas) 2012. Manual de plaguicidas de Centroamérica (Línea) Costa Rica. Consultado 6 Jun. 2016. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/470-propamocarb>

IRET (Instituto regional de Estudios de sustancias toxicas) 2012. Manual de plaguicidas de Centroamérica (Línea) Costa Rica. Consultado 6 Jun. 2016. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/98-carbendazim>

IRET (Instituto regional de Estudios de sustancias toxicas) 2012. Manual de plaguicidas de Centroamérica (Línea) Costa Rica. Consultado 6 Jun. 2016. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/294-fosetil>

Jaramillo S. y Botero J. M. 2007. Respuesta de diferentes poblaciones de *Spongospora subterranea* f sp. *Subterranea* a la rotación entre dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*) (pdf). Medellín, Colombia. Consultado http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472007000200002

Lucero, H. 1998. Sarna pulverulenta de la papa *Spongospora subterranea*. (en línea) consultado 14 may. 2016. Disponible en www.redepapa.org/sarnapapa.pdf

MAG (Ministerio de Ganadería y Agricultura) 2007. Caracterización de la agrocadena de papa. (pdf) Costa Rica. Consultado el 11 de may. 2008. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00147.pdf>

Marketing Arm International 2014. Empresa Verde (línea) consultado 13 may. 2016. Disponible en <http://es.marketingarm.com/productos/Bactericida-Fungicida/MAI-007>

MDRA y MA (Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente) 2008. Encuentro Latinoamericano de productores de papa (en línea). Consultado el 11 de may. 2008. Disponible en <http://www.agrobolivia.gov.bo/index.php?cpo=pa>.

Medina M. D., Morales G. G., Castillo F. D., Fuente Y. M. y Alberto Flores Olivas A. F. 2013. Actinomicetos antagonicos contra hongos fitopatogenos de importancia agrícola (pdf) Consultado 8 Jun. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a6.pdf>

Mejía R.I., Méndez J.S., Pineda L., Hernández S. 2013. Programa PYMERURAL. Manual de producción de semilla de papa mediante técnicas de reproducción asexual. (pdf). Tegucigalpa, Hond. Consultado 8 jul. 2015. Disponible en http://www.pymerural.org/docs/manual_semillaPapa2.pdf?url=/papa

Merz 2002. Esquema de puntuación estándar para la infección del tubérculo por *Spongospora subterranea f.sp subterranea*. (pdf). Consultado 21 Ago. 2015. Disponible en <http://www.spongospora.ethz.ch/LaFretaz/SssBonitur.pdf>

Merz U, Martínez V, y Schwärzel R 2001. El potencial para el cribado rápido de la patata Cultivares (*Solanum tuberosum*) para la Resistencia a roña (*Spongospora subterranea*) usando un bioensayo de laboratorio (pdf). Consultado 6 May. 2016. Disponible en DOI:10.1023/B:EJPP.0000010123.21255.d1

Molina J de Dios., Santos B.M., Aguilar B.L. 2004. Guía MIP en el cultivo de papa: manejo integrado de plagas (en línea). INTA, Nicaragua. Consultado 17 jul. 2015 Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MIP%20papa%202014.pdf>

Pérez y García s.f. Orientaciones para el cultivo de la patata para fresco en Asturias. (pdf). España. Consultado 15 jul. 2015. Disponible en http://www.costanoroeste.org/administracion/documentacion/guia_patata_pdf.pdf

Pineda J. A. 2010. Evolución de Prácticas agronómicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la región de la Esperanza Intibucá. Tesis Ing. Catacamas, Honduras. Universidad nacional de Agricultura .62 p.

Pineda O. O. 2011. Incidencia de paratífo (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo tres sistemas de producción. Tesis Ing. Catacamas, Honduras. Universidad nacional de Agricultura .54 p.

Ramírez C. 2006. Utilización de residuos forestales (en línea) Consultado 16 Jul. 2015. disponible en <http://www.gestiopolis.com/utilizacion-de-residuos-forestales/>

Restrepo D., Felipe A., Jaramillo V., Torres S.C., Miguel J. 2009. Efecto de dos microorganismos y un consorcio de micorrizas en combinación con viruta de pino sobre el control de sarna polvosa (*Spongospora subterranea*) en papa. (pdf). Medellín, Col. Consultado 25 jul. 2015. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/27163/1/24913-87458-1-PB.pdf>

Restrepo J. A., Amaya C. Z., Cotes J. M., González E. P. 2011. Infección de *Spongospora* subterránea en esquejes de papa (*solanum tuberosum*) var. *diacol capiro* proveniente de tres fuentes de inóculo. (pdf) Medellín, Colombia. Consultado 25 jul. 2015. 7 p.

Rivera J. Del Cid A.H., De León A., Chávez G. 2002. El cultivo de papa. (En línea). Guat. Consultado 18 jul. 2015 Disponible en <http://www.icta.gob.gt/hortalizas/cultivoPapa3.pdf>

Rojas F. P., Quispe J. L., Cabello N. G. 2015. Actinomicetos aislados del compost y su actividad antagonista a fitopatógenos de la papa (*Solanum tuberosum* spp. *Andigena* Hawkes) Consultado 5 Jun. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v33n2/2007-8080-rmfi-33-02-00116.pdf>

SAGARPA 2014. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo rural, Pesca, y alimentación) Protocolo de diagnóstico *Spongospora subterránea* (Walk.) Lagerh. México. 12 p.

Santos B.M y Obregón Olivas H.A 2013. Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Medios de Siembra y Contenedores. (pdf). Florida EU. Consultado 25 jul. 2015. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS121600.pdf>

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria). 2007. Ley fitozoosanitaria: reglamento de semillas. (Línea) Honduras. Consultado 8 may. 2016.

Scotts s.f. Banrot 40 WP. (pdf). Consultado 15 jul. 2015. 4 p.

Stachewicz, H y Enzian, S. 2001. Oportunidades de desarrollo para la papa polvorienta de la papa en Alemania. Consultado 5 Jun. 2016. 212 p.

Theodoracopoulos M., Arias S., Ávila H., Segura R., Ramírez D., Valdivia A., Soto J., Cerrato., Ramírez T., Alfonso J. 2008. Compendio de Manual de Producción de Frutas y Hortalizas: publicaciones Técnicas del Programas de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores. La lima Cortes, Honduras. 229 p.

Torres H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú (pdf) Consultado 8 May. 2016. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/002485.pdf>

UBA 2011. Viruta y aserrín prensado. (pdf). Buenos Aires, Arg. Consultado 21 ago. 2015. Disponible en http://www.ubasa.com.ar/spa/viruta_prensada.html

Van de Graaf P. Lees K. L., Cullen D. W. Duncan J M. 2003. Detección y cuantificación de *Spongospora subterranea* en suelo, agua y tejidos vegetales usando muestras de PCR en tiempo real (pdf) Consultado 6 may. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alison_Lees/publication/226705529_Detectio

Van der Waals J.E., Wright J., Alison K., Lees A.K. 2012. Detection and eradication of *Spongospora subterranean* in mini-tuber production tunnels. Department of Microbiology and Plant Pathology, University of Pretoria, South Africa (pdf). Consultado 22 jul. 2015. Disponible en <http://www.sajs.co.za/sites/default/files/publications/pdf/614-8882-6-PB.pdf>

Villarroel RB, Bernal CS s.f. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina INA Chile (pdf). Consultado 18 Jul. 2015. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/nr33861.pdf>

Anexos

Anexo 1. Croquis de campo del ensayo y aleatorización de los tratamientos

Bloque IV	Parcela	406	405	404	403	402	401
	Tratamiento	6	2	5	1	3	4
Bloque III	Parcela	301	302	303	304	305	306
	Tratamiento	4	6	5	3	1	2
Bloque II	Parcela	206	205	204	203	202	201
	Tratamiento	2	4	3	1	5	6
Bloque I	Parcela	101	102	103	104	105	106
	Tratamiento	4	5	3	2	6	1

Anexo 2. Formato para toma de datos a nivel de campo.

#	Nombre de tratamiento	Numero de parcela	Tratamiento	Repetición	Variables				
					Incidencia de la enfermedad (%)	Tubérculos dañados (%)	Tubérculos dañados en Kg ha ⁻¹	Severidad (%)	infectividad del patógeno
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									

Anexo 3. ANAVA para la variable incidencia de la enfermedad a los 105 días después de la siembra.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Incidencia	24	0,48	0,20	1,10	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,32	8	2,04	1,70	0,1789
Bloques	6,48	3	2,16	1,80	0,1904
Tratamientos	9,84	5	1,97	1,64	0,2098
Error	18,00	15	1,20		
Total	34,32	23			

Anexo 4. ANAVA para la variable tubérculos dañados.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Tuberculos dañados	24	0,49	0,21	14,58	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1433,44	8	179,18	1,78	0,1597
Bloques	1031,39	3	343,80	3,42	0,0449
Tratamientos	402,05	5	80,41	0,80	0,5673
Error	1509,45	15	100,63		
Total	2942,89	23			

Anexo 5. Plan de inversión del cultivo de papa

Aspecto	Unidad	Cantidad	HNL/unidad	Total (HNL)
Preparación de suelo				
Limpia	Jonal	15	150,00	2.250,00
Aplicación de la enmienda	Jornal	3	150,00	450,00
Cal dolomítica	qq	40	110,00	4.400,00
Arado y rastra	Ha	1	7.200,00	7.200,00
Total preparación del suelo				14.300,00
Siembra				
Variedad Toyoca (segunda cosecha)	qq	64	400,00	25.600,00
Fertilizantes				
18-46-0	qq	10	650,00	6.500,00
12-24-12	qq	12	500,00	6.000,00
KCl	qq	5	550,00	2.750,00
Insecticida Thimet al suelo	bolsa 33 lbs	1	1.000,00	1.000,00
Surqueado (Manualmente) y siembra	Jornal	18	150,00	2.700,00
Total siembra				44.550,00
Mano de Obra				
Riegos	Jornal	1	2.000,00	2.000,00
Aplicación de pesticidas	Jornal	12	200,00	2.400,00
Aporque	Jornal	15	150,00	2.250,00
Desfoliado	Jornal	2	200,00	400,00
Insumos				
Mancozeb	Kg	27	135,00	3.645,00
Curzate M 72 (cymoxanil+mancozeb)	bolsa 450 g	15	350,00	5.250,00
Perfektion 400 EC (Dimetoato)	Lt	1	300,00	300,00
Monarca (triacloprid + B-sifirina)	Lt	1	900,00	900,00
Conect	Lt	1	800,00	800,00
Movento	Lt	1	3.000,00	3.000,00
Engeo	Lt	1	1.500,00	1.500,00
Evicet	Bolsa	3	250,00	750,00
Confidor	Lt	2	900,00	1.800,00
Lorsban	Lt	1	300,00	300,00
Foliares	Lt	3	170,00	510,00
Gasolina para bomba de aspersión	Galón	12	100,00	1.200,00
Total manejo de la plantación				27.005,00
Cosecha				
Mano de obra	Jornal	25	150,00	3.750,00
Sacos de quintal	Sacos	550	7,00	3.850,00
Total cosecha				7.600,00
Gran Total				93.455,00

Anexo 6. ANAVA y prueba de medias de Duncan para la variable severidad de la enfermedad.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad	24	0,57	0,34	22,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21,02	8	2,63	2,48	0,0620
Bloque	5,92	3	1,97	1,86	0,1800
Tratamiento	15,10	5	3,02	2,85	0,0531
Error	15,92	15	1,06		
Total	36,93	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,0612 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MAI 007	3,55	4	0,52 A
Tricho-D	4,18	4	0,52 A
Previcur + Derosal	4,23	4	0,52 A
Banrot	4,60	4	0,52 A B
Viruta de pino	5,10	4	0,52 A B
Testigo	6,05	4	0,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Anexo 7. ANAVA para la variable tubérculos sanos a partir de tubérculo semilla enfermo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tuberculos sanos (Kg)	24	0,50	0,23	29,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27,66	8	3,46	1,85	0,1457
Bloques	17,24	3	5,75	3,07	0,0601
Tratamientos	10,42	5	2,08	1,11	0,3949
Error	28,09	15	1,87		
Total	55,75	23			

Anexo 8. Tubérculos con daño cosmético provocado por *Spongospora subterranea*.



Anexo 9. Plantación de papa (ensayo) en campo.



Anexo 10. Recomendación de clasificación de tubérculos con daño cosmético.

Tratamiento	Tubérculos comercializable por categoría			
	A (1-3 pústulas)	B (4-6 pústulas)	C (7-10 pústulas)	Descartados
Tricho-D	170	86	64	172
MAI 007	192	62	95	123
Banrot 40 WP	149	98	69	116
Viruta de pino	166	102	82	168
Previcur+Derosal	179	96	116	136
Testigo	171	104	105	164

Elaboración propia.

Se sugiere que los tubérculos que estén en la categoría A se comercializarían a un precio de 10% menos del valor del Kg de papa en el mercado, los de categoría B un 25% menos, los de categoría C un 50% menos y los tubérculos que no están dentro de las categorías anteriores serían descartados debido a su alto grado de daño cosmético.