



Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria



CRIA Occidente

Cadena de Papa

**Evaluación de la integración de métodos para el control de la costra negra
(*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)**

Roberto Antonio Morales Lima

Maritza García

Luz Montejo

Axel López

Ricardo Calderón/⁴ Oscar Santo/⁴ Marcelo Calderón

Jenny Calderón/ Elsa García

Quetzaltenango, octubre de 2018

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus(s) autor(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Sigla y acrónimos

CRIA= Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria.

CUNOC= Centro Universitario de Occidente.

CUSAM= Centro Universitario de San Marcos.

ICTA= Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

IICA= Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

MAGA= Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

USAC= Universidad de San Carlos de Guatemala.

USDA= Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (Por sus siglas en Inglés)

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Economía de Chiantla	3

2.2 Economía de Palestina de los Altos	4
2.3 Factores bióticos que limitan la producción de papa en Guatemala	4
2.4 Variedades de papa cultivadas	4
2.5 <i>Rhizoctonia solani</i>	4
2.6 Propiedades antagónicas de la cepa (<i>Trichoderma</i>):	6
3. OBJETIVOS	6
4. HIPÓTESIS	6
5. METODOLOGÍA.....	6
5.1 Localidad y época (s)	6
5.2 Diseño experimental	7
5.3 Tratamientos	7
5.4 Tamaño de la unidad experimental	7
5.5 Modelo estadístico:	7
5.6 Variables de respuesta	7
5.7 Análisis de la información.....	8
5.8 Manejo del experimento	8
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
6.1 Emergencia de las plantas	8
6.2 Incidencia del amarillos foliar	8
6.3 Incidencia de costra negra en el tubérculo cosechado	9
6.4 Severidad de costra negra en el tubérculo cosechado	9
6.5 Severidad de (<i>Ralstonia solanaceum</i>)	10
6.6 Rendimiento.....	10
6.6.1 Rendimiento Laureles 1	11
6.6.2 Rendimiento Laureles 2	12
7. CONCLUSIONES	13
8. RECOMENDACIONES	14
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
10. ANEXOS	17

Índice de Graficas

Grafica 1 Incidencia de amarillos foliar.	9
Grafica 2 Incidencia de costra negra en el tubérculo cosechado.	9
Grafica 3 Severidad de costra negra en los tubérculos cosechados	10
Grafica 4 Severidad de (<i>Ralstonia solanacerum</i>)	10

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Análisis de varianza para rendimiento de papa. Aldea Paquix	11
Cuadro 2 Análisis de varianza para el rendimiento. Los Laureles 1	11
Cuadro 3 Análisis de varianza para rendimiento. Laureles 2.....	12

Evaluación de la integración de métodos para el control de la costra negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Roberto Antonio Morales Lima/¹
Maritza García/²
Luz Montejo/²
Axel López/³
Ricardo Calderón/⁴ Oscar Santo/⁴ Marcelo Calderón/⁴
Jenny Calderón/⁵ Elsa García/⁵

RESUMEN

El productor de papa oferta tubérculos que muestran daños sobre la piel, causados por esclerocios de *Rhizoctonia solani*, que se forman al final del ciclo productivo. Estos daños no tienen importancia para mercados tradicionales; sin embargo, el productor persigue comercializar su producto final en los mercados de anaquel, los cuales mejoran el precio del producto. El volumen de rechazo alcanza hasta el 80% por las imperfecciones en la piel del tubérculo. La integración de métodos de control, reducirán las costras negras que produce (*R. solani*) en la epidermis de la papa. Se presentan resultados de los ensayos establecidos en las comunidades de Paquix, Chiantla, Huehuetenango y Los Laureles, Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Los resultados indican que las reducciones de manchas producidas por costra negra son evidentes; solamente se registraron trazas de la enfermedad en la piel del tubérculo. Existen otros problemas que se deben tomar en cuenta para resolver el problema, tales como la presencia de (*Ralstonia solanacearum*) y (*Streptomyces* ssp).

^{1/} Investigador Principal. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

^{2/} Coordinador de la Disciplina de Protección Vegetal. Hasta 31/01/2018

^{2/} Coordinador de la Disciplina de Protección Vegetal

^{3/} Investigador Auxiliar (pasante)

^{4/} Agricultores colaboradores del proyecto

^{5/} Asistentes del Laboratorio de Protección Vegetal

ABSTRACT

The potato producer offers tubers that show damage to the skin, caused by sclerotia of (*Rhizoctonia solani*), which are formed at the end of the productive cycle. These damages are not important for traditional markets; however, the producer seeks to market its final product in the shelf markets, which improve the price of the product. The rejection volume reaches up to 80% due to imperfections in the skin of the tuber. The integration of control methods will reduce the black crusts that it produces (*R. solani*) in the epidermis of the potato. Results of the trials established in the communities of Paquix, Chiantla, Huehuetenango and Los Laureles, Palestina de los Altos, Quetzaltenango are presented. The results indicate that the reductions of spots produced by black crust are evident, only traces of the disease were recorded on the skin of the tuber. There are other problems that must be taken into account to solve the problem, such as the presence of *Ralstonia solanacearum* and *Streptomyce ssp.*

1. INTRODUCCIÓN

El tubérculo de papa que normalmente se oferta en el mercado presenta manchas en la piel, producto de una enfermedad criptogámica, lo cual es inaceptable para los mercados de anaquel. Estas imperfecciones no tienen importancia económica en mercados tradicionales; sin embargo, el productor busca comercializar al canal de los mercados de anaquel, los cuales tienen un mejor precio; el volumen de rechazo por las imperfecciones en la piel del tubérculo, alcanza hasta el 80% (Castillo, 2016).

Actualmente existe demanda por tecnología orientada a la mejora de la calidad del tubérculo para consumo, proveer material para la empacadora y para su comercialización en fresco, no hay en existencia ingrediente activos reconocidos por el control de la costra negra.

En este trabajo se evaluó la combinación de control biológico (*Trichoderma*), control químico (*Benzimidazol/Thiabendazole*) y prácticas como solarización y encalado.

Los ensayos fueron establecidos en las aldeas: Paquix, Chiantla, Huehuetenango, y los Laureles, Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos: a) Solarización biofumigación + (*Trichoderma*) 1×10^6 + encalado + (*Benzimidazol/Thiabendazole*); b) Biofumigación + (*Trichoderma*) 1×10^6 + encalado + (*Benzimidazol/Thiabendazole*); c) Solarización + (*Trichoderma*) 1×10^6 + encalado + (*Benzimidazol/Thiabendazole*); d) (*Trichoderma*) 1×10^6 + encalado + (*Benzimidazol/Thiabendazole*); e) (*Benzimidazol/Thiabendazole*) + (*Benzimidazol/Thiabendazole*).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Economía de Chiantla

El 73% de la población es económicamente activa, se dedica a la agricultura. La base fundamental del sistema económico descansa en la actividad agrícola, se identifican entre otros productos: maíz, papa, brócoli, y otras hortalizas. Los productores asociados en cooperativas, utilizan semilla mejorada, asistencia técnica y crediticia; los individuales utilizan semilla criolla, carecen de infraestructura de riego, usan mano de obra familiar y carecen de asistencia técnica y crediticia. Para su comercialización, la papa se empaca en sacos de polietileno, esto se realiza de uno a cuatro días después de la cosecha, esta tarea es realizada por el acopiador, que determina el precio por regateo o de mercado. La pérdida del producto en la comercialización y por cambios climáticos son algunos riesgos de este producto. El municipio produce 30 mil toneladas anuales (www.deguate.com.gt).

En la actualidad ya funciona una planta de empaqueo, que da valor agregado al producto final. Tiene como objetivo acopiar el producto para su lavado, clasificación y empaque, y que pueda posteriormente ser comercializado en mercados de anaquel. La planta se localiza en el Barrio El Calvario, Paquix, Chiantla. Tiene capacidad de lavado de 4 toneladas/hora (Castillo, 2016).

2.2 Economía de Palestina de los Altos

La economía de Palestina de los Altos descansa en la actividad agrícola, es el primer municipio productor de papa del departamento de Quetzaltenango, 5.2 mil toneladas/anuales (Censo, 2002/2003). La superficie cosechada fue de 342 manzanas. Produce maíz amarillo en grano, 567 toneladas en 401 manzanas anualmente. Maíz amarillo sembrado asociado o intercalado: produce 58 toneladas en 32 manzanas por año. Maíz blanco en grano 721 toneladas en 513 manzanas por año y en asocio 108 toneladas en 72 manzanas por año. Haba 45 toneladas en 125 manzanas anuales. Frijol negro 1.4 toneladas en 5 manzanas por año (INE, 2003).

2.3 Factores bióticos que limitan la producción de papa en Guatemala

En Guatemala los factores bióticos que limitan la producción son principalmente: (*Phytophthora infestans*) y (*Alternaria solani*) en el follaje. (*Rhizoctonia solani*), (*Streptomyces scabies*), (*Spongospora subterranea*) del tubérculo. La marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) y pata negra (*Erwinia* sp) (ICTA, 2015).

2.4 Variedades de papa cultivadas

La variedad que es ampliamente cultivada en Guatemala es la Loman; se ha estimado que ocupa el 95% de la producción nacional. No se adapta a altitudes superiores a los 2900 msnm. Por esta razón, en las áreas superiores a 2900 msnm se han adaptado otras variedades como ICTA Tollocan 77, Día 71 é ICTA Frit. Todas las variedades citadas, de acuerdo a la presión del ambiente se hacen susceptible de costra negra (ICTA, 2015).

2.5 *Rhizoctonia solani*

Los hongos (*Rhizoctonia* y *Sclerotium*) son microorganismos del suelo que producen enfermedades graves en muchas plantas cultivadas, afectan raíces, tallos, tubérculos, cormos y otros órganos que se desarrollan dentro del suelo (Agrios, 1991).

Las enfermedades causadas por (*Rhizoctonia*) son de distribución global, producen pérdidas en la mayoría de las plantas anuales, casi todas las hortalizas y plantas florales, en pastos, plantas de ornato perennes. El ahogamiento es quizá el síntoma más común que produce (*Rhizoctonia*) en la mayoría de las plantas que afecta. Se produce principalmente en suelos fríos y húmedos. Las plántulas muy jóvenes pueden ser destruidas o poco después de que han emergido del suelo.

En la superficie de los tubérculos maduros se forman esclerocios de color negro o castaño. Los esclerocios pueden ser chatos y superficiales o grandes e irregulares en forma de terrones. De ahí el nombre común de “costra negra”. Generalmente, la epidermis del tubérculo por debajo de los esclerocios no presenta anomalía. Otros síntomas en los tubérculos incluyen agrietamientos, malformaciones, concavidades y necrosis en el extremo de uno con el estolón (De Icochea, 1980).

Los daños más severos a la planta se producen en primavera, poco después de la siembra, el hongo mata los brotes subterráneos retardando o anulando su emergencia, especialmente en suelo frío y muy húmedo (Agrios, 1991), lo que da como resultado campos con fallas, desigualdad en el crecimiento, plantas débiles y por lo tanto, reducción en el rendimiento. Los brotes que llegan a emerger también se infectan, formándose canchales en los tallos en desarrollo, los que a menudo presentan depresiones profundas que llegan a estrangularlos, determinando el colapso. El estrangulamiento parcial de los tallos puede suscitar una gran diversidad de síntomas, incluyendo retardo en el desarrollo de la planta (Agrios, 1991) arrojamiento del ápice, necrosis cortical del tejido leñoso, pigmentación púrpura de las hojas, formación de tubérculos aéreos, enrollamiento de las hojas hacia arriba y a menudo clorosis y amarillamiento que se manifiestan con mayor severidad en la parte apical de la planta. Las lesiones que se forman en los estolones son de color castaño rojizo y provocan la muerte de los mismos, así como también la malformación de los tubérculos. (*Rhizoctonia*) produce una toxina con efecto regulador del crecimiento, la cual puede ser parcialmente responsable de las malformaciones. Tubérculos atacados severamente por (*Rhizoctonia*) desarrollan con frecuencia un tipo de malformación que no está ligada directamente al ataque del hongo en sí y de cuyo mecanismo del hongo en el extremo del tubérculo que está todavía muy joven, crecimiento retardado del tejido que se encuentra debajo del área de infección y deformación con decoloración del tejido superficial, el que a menudo adquiere apariencia escamosa. Las raíces también son atacadas y destruidas, dando como resultado plantas con sistema radicular muy pobre. La destrucción de las raíces puede ser una consecuencia del estrangulamiento del tallo, lo que además menoscaba la translocación de las sustancias fotosintetizadas. El estado sexual, se presenta en la superficie de los tallos, exactamente por encima de la línea del suelo, formando una capa tenue blanco plomiza sobre la que se originan las basidiosporas y le dan a la superficie una apariencia polvorosa. La capa fungosa se desprende fácilmente al frotarla entre los dedos y el tejido que queda por debajo de ella se presenta sano. Esta capa fungosa está a menudo localizada por encima de la lesión o en la porción del tallo que se encuentra ligeramente bajo tierra (De Icochea, 1980).

(*R. solani*) es un patógeno de numerosos cultivos y malezas en todo el mundo, posee patogenicidad selectiva que está influenciada por la variante presente. La enfermedad es común en todas las regiones donde se cultiva papa (De Icochea, 1980).

(*Rhizoctonia solani*) Kühn (estado imperfecto (*Thanatephorus cucumeris*) Frank Donk, estado perfecto syn. (*Corticium vagum*) Berk, and Curt. (*Pellicularia filamentosa*) Pat Rogers's e (*Hypochnus solani*). Prill, and Dalacr). Las hifas de (*Rhizoctonia*) son capaces de anastomosarse (fusión de hifas), por lo que los diferentes aislamientos han sido agrupados en función a esta particularidad. Los aislamientos patogénicos a papa son generalmente ubicados en el AG-3 de *Parameter et al.* El micelio es generalmente de color canela a castaño oscuro y las hifas son algo gruesas (generalmente de 8 a 10 micras de diámetro). Las hifas vegetativas jóvenes tienen sus células multinucleadas y se ramifican

cerca del septo distal de la célula. Las características más típicas de *R solani* son sus ramificaciones en ángulo recto, constricciones en el punto de origen de la ramificación de la hifa, formación de un septo en la rama cerca de su origen y prominente aparato que conforma el poro de cada septo (De Icochea, 1980).

2.6 Propiedades antagónicas de la cepa (*Trichoderma*):

En la actualidad existe la demanda por la conservación de los recursos para la producción agrícola, el aire, el agua y el suelo. El control biológico reúne esta demanda, con el uso de cepas nativas de hongos como (*Trichoderma* sp). El Laboratorio de Protección Vegetal ha efectuado varias actividades para el cumplimiento de las demandas sociales por producir sin dañar el ambiente (Dhingra, 1992). El trabajo se inició por medio de la prospección de cepas, en suelos del departamento del Petén se aisló, multiplicó y almacenó una cepa de (*Trichoderma*) (ICTA, 2005). Este microorganismo benéfico posee varias propiedades intrínsecas a determinar, se efectuaron varias pruebas *in vitro*, se ha obtenido respuesta favorable para el control de (*Sclerotium cepivorum*) (Castellanos, 2010); (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de la papa (ICTA, 2008); (*Fusarium oxysporum* f cepae); al inhibir la formación de los cuerpos de resistencia de los tres fitopatógenos citados (García, 2007).

3. OBJETIVOS

3.1 General

Generar tecnología para el manejo integrado de la costra negra, por medio de la integración de métodos físicos, biológicos y químicos a fin de reducir los daños en la piel del tubérculo.

3.2 Específico

Determinar el efecto de los tratamientos integrados mediante la reducción de daño por costra negra.

4. HIPÓTESIS

Alguno de los tratamientos integrados a las esporas reducirá niveles de incidencia y severidad de costra negra en la papa.

5. METODOLOGÍA

5.1 Localidad y época (s)

Los ensayos fueron establecidos en valles de la altiplanicie guatemalteca. En la Sierra de los Cuchumatanes se plantó un ensayo en la Nueva Comunidad de la Aldea Paquix, 15° 26´ 31.8" latitud norte y 91° 26´ 24.2" longitud oeste, y dos más en la comunidad Los Laureles, El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Por lo que fueron nombrados como Laureles 1 N14° 55´ 53.0" latitud norte y 91° 39´ 18.6" longitud oeste, y Laureles 2 14° 56´ 02.7" latitud norte y 91° 39´ 17.0" longitud oeste

5.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron al azar en cuatro repeticiones.

5.3 Tratamientos

1. Solarización (Franco, 1993) + biofumigación (ICTA, 1993) + 1×10^9 ufc (*Trichoderma*)(ICTA, 2014) + 521.6 kg cal dolomítica + dos aplicaciones al follaje de (*BenzimidazolThiabendazole*) 42.75% 1L/Ha.

2. Biofumigación + 1×10^9 ufc (*Trichoderma*) + 521.6 kg cal dolomítica + dos aplicaciones al follaje de *BenzimidazolThiabendazole* 42.75% 1L/Ha.

3. Solarización + 1×10^9 ufc (*Trichoderma*) + 521.6 kg cal dolomítica + dos aplicaciones al follaje de (*BenzimidazolThiabendazole*) 1L/Ha.

4. 1×10^9 ufc (*Trichoderma*) + 521.6 kg cal dolomítica + dos aplicaciones al follaje de (*BenzimidazolThiabendazole*) 1L/Ha.

5. Tres aplicaciones de (*BenzimidazolThiabendazole*) 1L/Ha. Una al momento de siembra y dos al follaje.

5.4 Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de diez posturas; éstas se colocaron a 0.30 m entre ellas y 0.90 m entre surcos, de manera que la unidad estuvo constituida por 40 plantas, para un total de 10.8 m² por unidad experimental.

5.5 Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{yik}$$

Donde:

Y_{ij} = es la *j* ésima parcela dentro del *i* ésimo tratamiento

μ = es la media general.

T_i = efecto debido al *i* ésimo tratamiento

B_j = efecto del *j* ésimo bloque

e_{yik} = error experimental asociado al *j* ésimo bloque del *i* ésimo tratamiento

5.6 Variables de respuesta

- Incidencia de la emergencia de las plantas.
- Incidencia de amarillos foliar
- Incidencia y severidad de costra negra en el tubérculo
La evaluación de la severidad se hizo adaptando la escala diagramática elaborada para la evaluación de la sarna de la papa, donde 1, 10, 25, 50% de infección de la piel (James, 1971, citado Bergamin, A. 1995).
- Peso del tubérculo cosechado

5.7 Análisis de la información

Se construyeron las tablas de medias y de ANDEVAs para el diseño propuesto, se realizarán pruebas de medias si son necesarias, usando Tukey. Pruebas de correlación, y de análisis combinado si es necesario.

5.8 Manejo del experimento

Un mes antes de la siembra se hizo la preparación del suelo que consistió en adicionar al suelo 5 kg/m² de materiales orgánicos, 2.5 kg/m² fueron de hojas de coles verdes más 2.5 kg/m² de ovinaza para efectuar biofumigación, luego se recubrió el suelo con plástico de 01 milímetro de espesor, con el cual se efectuó la solarización (figuras 6 y 7). En los tratamientos con (*Trichoderma* sp) se inocularon con una solución 1 x 10⁹ ufc/cc al momento de la siembra sobre la semilla (ICTA, 2014).

Siembra: se usó semilla del agricultor, se agregó cal dolomítica y una segunda inoculación calibrada al 1 x 10⁹ ufc/cc (*Trichoderma* sp). Fertilización: 10.432 kg/ha de fertilización orgánica y 417 kg de 15-15-15 y, 150 kg urea al mes y medio de siembra. En Paquix se usó la variedad ICTA Tollocan, en Palestina se usó la variedad Día 71.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

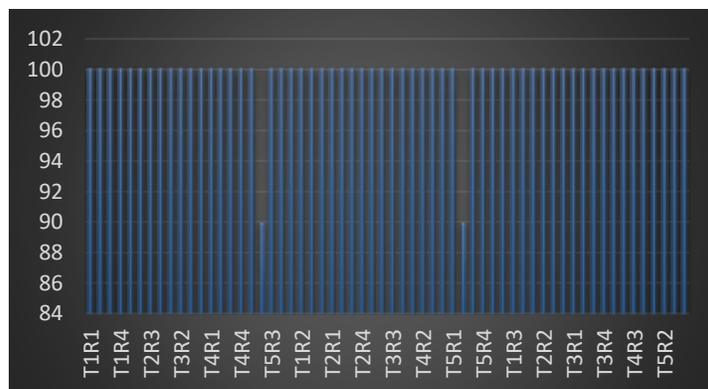
6.1 Emergencia de las plantas

La emergencia de las plantas se determinó por medio del conteo del número de semillas afectadas por costra negra. El resultado de esta evaluación determinó que de las 2,400 semillas plantadas en los tres ensayos; solo fallaron dos posturas, aun cuando la semilla en uso perteneció al agricultor; los tratamientos, permitieron la buena emergencia de las plantas (figuras 9, 10 y 11).

6.2 Incidencia del amarillos foliar

Los brotes que llegan a emerger también se infectan, formándose canchales en los tallos en desarrollo, los que a menudo presentan depresiones profundas que llegan a estrangularlos. El estrangulamiento parcial de los tallos puede suscitar una gran diversidad de síntomas, incluyendo retardo en el desarrollo de la planta (Agrios, 1991) arrojamiento del ápice, necrosis cortical del tejido leñoso, pigmentación púrpura de las hojas, formación de tubérculos aéreos, enrollamiento de las hojas hacia arriba, también a menudo clorosis y amarillos que se manifiestan con mayor severidad en la parte apical de la planta.

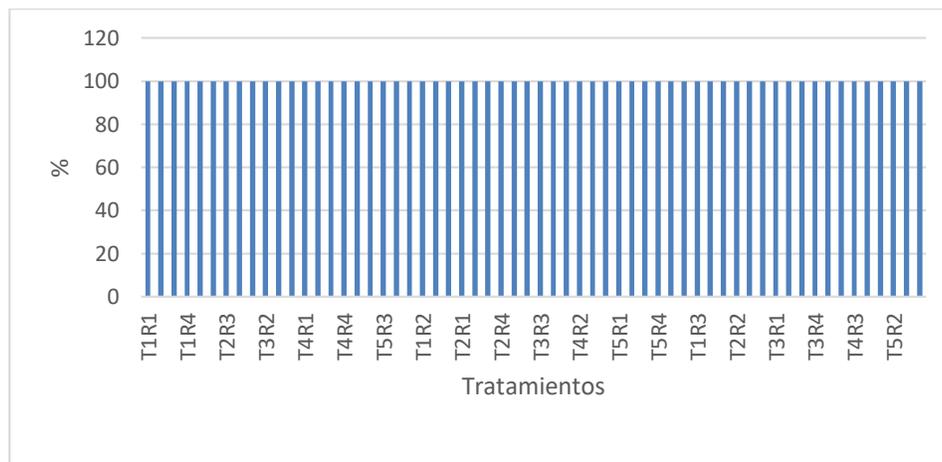
Se contó el número de plantas amarillas y con alguna otra anomalía, y se expresó en porcentajes. Resultados de los recuentos determinaron que no se presentaron plantas con los síntomas descritos en el párrafo anterior (figuras 8, 9, 10 y 11).



Grafica 1 Incidencia de amarillos foliar.

6.3 Incidencia de costra negra en el tubérculo cosechado

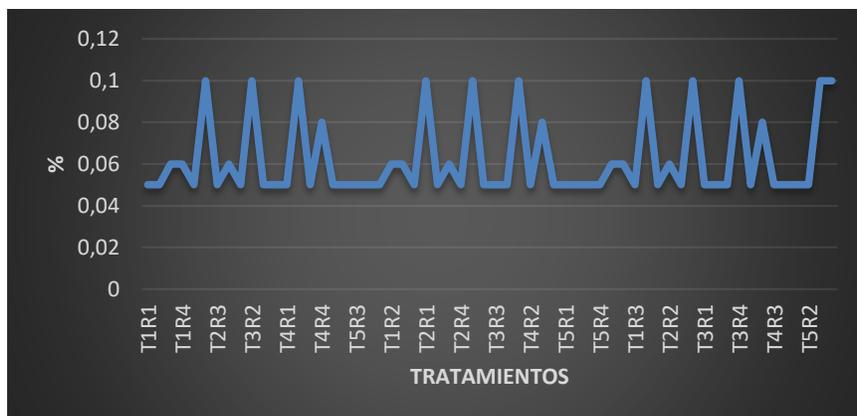
La costra negra forma pequeños puntos negros dispersos sobre la cáscara de los tubérculos. Aspecto muy castigado para el mercado de productos en fresco de alta calidad cualitativa. En el cien por ciento de las muestras se obtuvo presencia de costras negras (Figura 2)



Grafica 2 Incidencia de costra negra en el tubérculo cosechado.

6.4 Severidad de costra negra en el tubérculo cosechado

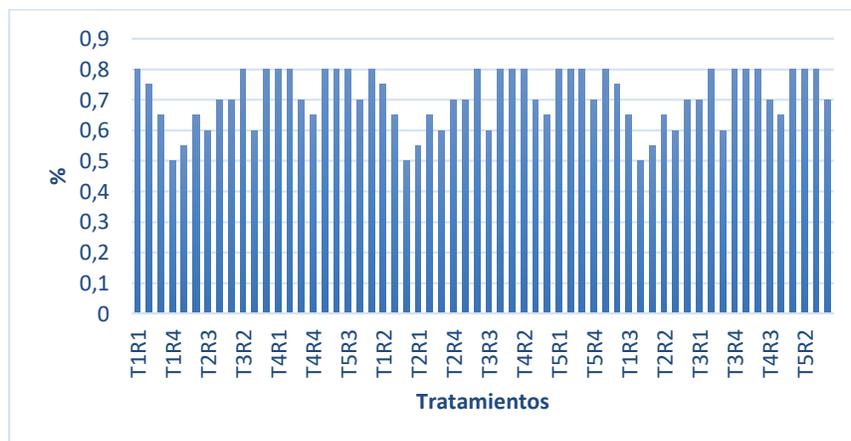
La severidad se cuantificó por medio del sentido de la vista, considerando la porción de la piel del tubérculo infectado con las costras negras, siguiendo una guía pictórica (James, 1971, citado por Bergamin, 1995). En la figura 3 se muestran los resultados del efecto de integrar métodos físicos, biológicos y químicos. Los coeficientes registrados fueron aceptables, por lo que se infiere que la integración de métodos reduce a niveles aprobados para que los tubérculos puedan ser comercializados en mercados de anaquel.



Grafica 3 Severidad de costra negra en los tubérculos cosechados

6.5 Severidad de (*Ralstonia solanacerum*)

Los tubérculos no mostraron la superficie limpia, debido a que se determinaron infecciones por (*Ralstonia solanacerum*) y en menor proporción por (*Streptomyces scabies*), por encima del 50% en proporción piel sana piel dañada, por estos dos patógenos. (Figura 4)(Figura 13)



Grafica 4 Severidad de (*Ralstonia solanacerum*)

6.6 Rendimiento

Se elaboraron tres análisis de varianza, uno por cada localidad citada y se presenta inicialmente el ensayo de Paquix, de acuerdo a este análisis de varianza, no se determinó diferencia estadística significativa entre los tratamientos. La temporada agrícola 2017, en los Cuchumatanes fue difícil, en la primera quincena de julio, recién emergieron las siembras de papa, se registró descenso de temperatura, la cual perjudico el ensayo al borde del colapso, se logró recuperación por medio de tres fertilizaciones foliares. En octubre se

presentaron fuertes precipitaciones, que presionaron al agricultor a efectuar 10 aspersiones de fungicidas para el control del tizón tardío. Si se toma en cuenta el efecto de los plaguicidas sobre (*Trichoderma* sp), de lo cual hoy tenemos un completo desconocimiento, es posible que los fungicidas usados hayan sido los responsables del bloqueo del efecto fungicida y nematocida de la cepa nativa de (*Trichoderma* sp), por lo cual no se expresaron diferencias respecto al testigo.

Cuadro 1 Análisis de varianza para rendimiento de papa. Aldea Paquix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	20	0.70	0.53	15.12

FV	SC	GL.	CM	F	p-valor
Modelo	804.58	7	114.94	4.02	0.0171
Controlador	519.19	4	129.80	4.54	0.0183 NS
Bloque	285.39	3	95.13	3.33	0.0566 NS
Error	343.20	12	28.60		
Total	1147.79	19			

NS = Diferencia no significativa

6.6.1 Rendimiento Laureles 1

En esta localidad no se determinaron diferencias significancias entre los tratamientos, pero difiere respecto a la variedad usada en Paquix; se utilizó la variedad Día, muy susceptible al tizón tardío.

En este sitio se manifestaron otros riesgos del clima, a los 20 días después de la siembra, se presentó precipitación con granizo. En octubre se intensificaron las precipitaciones pluviales. Este cambio climático presionó para aumentar el número de aspersiones con fungicidas, en el último mes de cultivo. El número total de aspersiones fue 13.

Probablemente al uso intensivo de plaguicidas tanto fungicidas como insecticidas, afectaron el desempeño de las integraciones de tratamientos, con lo cual no se observaron mejoras significativas en los tratamientos.

Cuadro 2 Análisis de varianza para el rendimiento. Los Laureles 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	20	0.47	0.16	11.39

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	165.927	7	23.70	1.50	0.5935
Controlador	45.59	4	11.40	0.72	0.5935 NS
Bloque	120.34	3	40.11	2.54	0.1055 NS
Error	189.47	12	15.79		
Total	355.40	19			

NS = Diferencia no significativa.

6.6.2 Rendimiento Laureles 2

Los resultados de rendimiento de tubérculo fueron sometidos a un análisis de varianza; el mismo indicó que no existía diferencia estadística entre los tratamientos. A los 20 días después de la siembra se observó intensa precipitación de granizo, la cual provocó plasmólisis de los folíolos recién emergidos. Se usaron fertilizantes foliares para propiciar la recuperación. En el último mes de cultivo se intensificó el uso de plaguicidas, tanto foliares, como fungicidas e insecticidas, por las fuertes precipitaciones pluviales.

Si se toma en cuenta la figura 9 esta fue tomada a finales de septiembre, el crecimiento vegetativo era satisfactorio, es posible que los rendimientos hayan sido alterados, porque los plaguicidas ejercieron control sobre el hongo benéfico (*Trichoderma* sp) en el último mes de cultivo.

Cuadro 3 Análisis de varianza para rendimiento. Laureles 2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	20	0.47	0.16	11.39

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	165.92	7	23.7	1.5	0.2558	
Controlador	45.59	4	11.4	0.72	0.5935	NS
Bloque	120.34	3	40.11	2.54	0.1055	NS
Error	189.47	12	15.79			
Total	355.4	19				

NS = Diferencia no significativa.

En el anexo del presente informe se encuentran los análisis de varianza donde se determinó que no existen diferencias significativas en los tres propágulos, en las localidades de los Laureles 1 y Laureles 2.

7. CONCLUSIONES

Con el uso de cualquiera de los tratamientos evaluados:

- Se logra el control del mal del talluelo de la papa. Se sembraron 2,400 semillas y solo fallaron en la emergencia dos plantas, por lo cual se tuvieron ensayos uniformes en la etapa de emergencia, aun cuando las condiciones ambientales de la época fueron adversas, en suelo fríos y húmedos
- Se logra obtener una plantación de papa uniforme en crecimiento vegetativo y color. No se observó desigualdad en el crecimiento, plantas débiles, depresiones profundas, estrangulamientos de tallos, cambios de la pigmentación de las hojas a púrpura, formación de tubérculos aéreos, enrollamiento de las hojas hacia arriba, amarillos en las regiones superiores de la planta.
- No se observó la formación de una capa tenue blanco plumiza en la base de los tallos, consecuencia de infecciones subterránea de los tallos.
- No se observaron malformaciones, ni agrietamientos en los tubérculos.
- Las lesiones que forman los esclerotes se redujeron al mínimo

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar la compatibilidad de otros ingredientes activos para continuar con el control de enfermedades bacterianas (*Ralstonia solanacearum* y *Streptomyces scabies*).
- Evaluar la compatibilidad de ingredientes activos químicos para el control de (*Phytophthora infestans*), respecto a (*Trichoderma* sp).

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, GN. 1991. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2a ed. México, Limusa. 838 p.
- Bergamin, A. et al. 1995. Manual de fitopatología, Vol.1 Principios e conceitos. Terceira edição. Departamento de Fitopatologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo. 655 p.
- Castillo, Mike. En Huehuetenango se procesará papa. 20 de agosto de 2016. <http://www.prensalibre.com/economia/economia/inauguran-planta-de-procesamiento.hongos>
- Castellanos, D. 2014. Evaluación de dos hongos antagónicos en el control de la pudrición blanca de la cebolla (*Sclerotium cepivorum*) Mycelia sterilia; Sclerotiniaceae en la cebolla (*Allium cepa*) *In vitro* en Quetzaltenango. Tesis de graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango.
- De Icochea, T. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 73 p.
- Dhingra, O. 1992. Basic plant pathology methods. Lewis publishers. Second edition. Boca Raton.
- Franco, J. 1993. Manejo Integrado del Nemátodo Quiste de la papa. Centro Internacional de la papa. Programa de investigación de la papa. Lima, Perú
- García, E. 2007. Evaluación de seis tratamientos para control de patógenos del suelo utilizando métodos biológicos y solarizado aplicados al cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en el municipio de San Pablo La Laguna, del departamento de Sololá. Tesis de graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Centro Universitario de Occidente. USAC. Quetzaltenango.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 2005. Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal. Región VI.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 2014. Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal. Región VI.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 2015. Manual para la producción de semilla certificada de papa.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2012. Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal. Región VI.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2003. IV Censo Nacional Agropecuario 2,003). Número de fincas censales, superficie cosechada, producción obtenida de cultivos anuales o temporales y viveros. Tomo dos. Disco compacto. Guatemala.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Manejo integrado de plaga en arveja China. Fase I: 1991-1992.

Little, T. Jackson, F. 1976. Métodos estadísticos para la Investigación agropecuaria. Editorial Trillas. México. D.F. 59 p.

Ruesga, I, et al. 2005. Libro de experimentación agrícola. Facultad de ciencias agrícolas. Centro Universitario Vladimir Lenin. Las Tunas. Ed. Universitario. La Habana, Cuba.

10. ANEXOS

Cuadros de análisis

Cuadro 5. Análisis de varianza para la población inicial de quistes. Paquix.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Quistes	20	0.33	0.00	53.05

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16954.45	7	2422.06	0.83	0.5813
Controlador	8571.50	4	2142.88	0.74	0.5853 NS
Bloque	8382.95	3	2794.32	0.96	0.4435 NS
Error	34963.30	12	2913.61		
Total	51917.75	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la población inicial de huevos. Paquix.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Huevos	20	0.36	0.00	54.39

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16151.3	7	2307.33	0.96	0.4978
Controlador	8304.5	4	2076.13	0.87	0.5115 NS
Bloque	7846.8	3	2615.6	1.09	0.3901 NS
Error	28750.7	12	2395.89		
Total	44902	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 7. Análisis de la varianza para la población inicial de larvas. Paquix.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Larvas	20	0.36	0.00	53.61

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10909.05	7	1558.44	0.97	0.495
Bloque	4837.75	3	1612.58	1	0.4256 NS
Controlador	6071.3	4	1517.83	0.94	0.4726 NS
Error	19323.5	12	1610.29		
Total	30232.55	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 8. Análisis de varianza para quistes. Los Laureles 1, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Quistes	20	0.14	0.00	35.54

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11117.5	7	1588.21	0.28	0.9509
Controlador	6246.7	4	1561.68	0.27	0.8897 NS
Bloque	4870.8	3	1623.6	0.28	0.8361 NS
Error	68621.7	12	5718.48		
Total	79739.2	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 9. Análisis de varianza para huevos. Los Laureles 1, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Huevos	20	0.22	0.00	33.95

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12695.25	7	1813.61	0.48	0.8337
Controlador	6270.30	4	1567.58	0.41	0.7966 NS
Bloque	6424.95	3	2141.65	0.56	0.6495 NS
Error	45631.30	12	3802.61		
Total	58326.55	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 10. Análisis de varianza para larvas. Los Laureles 1, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Larvas	20	0.20	0.00	38.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11499.30	7	1642.76	0.42	0.8747
Controlador	8156.50	4	2039.13	0.52	0.7257 NS
Bloque	3342.80	3	1114.27	0.28	0.8375 NS
Error	47436.70	12	3953.06		
Total	58936.00	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 11. Análisis de varianza para quistes. Los Laureles 2, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Quistes	20	0.38	0.02	42.25

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	40166.25	7	5738.04	1.06	0.4419
Controlador	3183.7	4	795.92	0.15	0.9607 NS
Bloque	36982.55	3	12327.52	2.28	0.1315 NS
Error	64878.7	12	5406.56		
Total	105044.95	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 12. Análisis de varianza para huevos. Los Laureles 2, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Huevos	20	0.45	0.12	37.10

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30516.5	7	4359.5	1.38	0.2975
Controlador	3215.5	4	803.88	0.25	0.9014 NS
Bloque	27301	3	9100.33	2.88	0.08 NS
Error	37904.5	12	3158.71		
Total	68421	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 13. Análisis de varianza para larvas. Los Laureles 2, Palestina de los Altos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Larvas	20	0.46	0.15	29.62

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15380.05	7	2197.15	1.49	0.2601
Controlador	2099.5	4	524.88	0.36	0.8354 NS
Bloque	13280.55	3	4426.85	3	0.0729 NS
Error	17719.7	12	1476.64		
Total	33099.75	19			

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 14. Análisis de varianza combinado para quistes.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Quistes	60	0.54	0.24	42.00

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	195311.23	23	8191.79	1.81	0.053
Localidad	127073.03	2	63536.52	11.38	0.0034 **
Localidad>Repetición	50236.3	9	5581.81	1.19	0.3293 NS
Controlador	3908.93	4	977.23	0.21	0.9318 NS
Localidad*Controlador	14092.97	8	1761.62	0.38	0.9262 NS
Error	168463.7	36	4679.55		
Total	363774.9	59			

** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 15. Análisis de varianza combinado para huevos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Huevos	60	0.57	0.29	39.59

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	146636	23	6375.49	2.04	0.0265	
Localidad	87273.3	2	43636.65	9.45	0.0062	NS
Localidad>Repetición	41572.8	9	4619.19	1.48	0.1923	NS
Controlador	2553.77	4	638.44	0.2	0.9341	NS
Localidad*Controlador	15236.5	8	1904.57	0.61	0.7629	NS
Error	112287	36	3119.07			
Total	258923	59				

NS = Diferencia no significativa.

Cuadro 16. Análisis de varianza combinado para larvas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Larvas	60	0.58	0.32	39.43

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo.	118687	23	5160.31	2.2	0.0165	
Localidad	80898.6	2	40449.32	16.96	0.0009	**
Localidad>Repetición	21461.1	9	2384.57	1.02	0.4458	NS
Controlador	4483.93	4	1120.98	0.48	0.7518	NS
Localidad*Controlador	11843.4	8	1480.42	0.63	0.7464	NS
Error	84479.9	36	2346.66			
Total	203167	59				

** = Diferencia altamente significativa NS = Diferencia no significativa.

Anexo de Imágenes



Figura 6. Materiales *Brassica rapa* y abono orgánico.



Figura 7. Siembra, trazo y solarización.



Figura 8. Crecimiento vegetativo del cultivo en los ensayos.



Figura 9. Etapa de tuberización.



Figura10. Etapa de tuberización y de control de enfermedades del follaje.



Figura 11. Etapa de tuberización y cosecha.



Figura 12. Participación de los agricultores en la cosecha y siembra.



Figura 13. Situación actual del estado sanitario del tubérculo de papa para consumo.



CRIA

Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria

