

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efectividad de *Bacillus subtilis* Contra *Streptomyces scabies* (Sarna Común Thaxter) en Tubérculos de Papa *Solanum tuberosum* L.,

Bajo Condiciones de Invernadero.

Jesús Efraín Mendoza Siller

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efectividad de *Bacillus subtilis* Contra *Streptomyces scabies* (Sarna Común
Tinxler) en Tubérculos de Papa *Solanum tuberosum* L.,

Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

JESÚS EFRAÍN MENDOZA SILLER

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

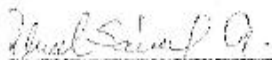
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Asesor Principal



M.C. Abel Sánchez Arizpe
Coasesor



Dr. Melchor Cepede Siller
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2015

AGRADECIMIENTOS

“**A Dios** le doy gracias por la vida, el amor, la familia y amistades, además de los triunfos y tropiezos que me puso en el camino y los cuales me han hecho crecer como ser humano.”

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la gran oportunidad que me brindo al permitirme ingresar a sus aulas, por la herramienta más valiosa que me dio que es el estudio, por la enseñanza que atreves de sus profesores me otorgaron para poder formarme como persona y porque me enseñó a mantenerme siempre firme, seguro y con la cabeza en alto ante cualquier adversidad, soy y siempre seré con mucho orgullo de la Universidad Autónoma agraria Antonio Narro.

A mi asesor principal Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda por su incondicional apoyo en la realización de este trabajo de tesis y especialmente por la paciencia con la que me dirigió

Al Dr. Abiel Sánchez Arizpe por su apoyo en la realización de este trabajo.

Al Dr. Melchor Cepeda Siller, por su apoyo y brindarme los conocimientos durante mi formación profesional.

Al M.C. Epifanio Castro del Ángel por su participación y apoyo en dicho trabajo realizado.

Al Ing. Xavier Aguirre Farías, por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.

A mi compañero y gran amigo José Miguel Guillermo Encina, por ser un gran amigo y apoyarme para mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mi madre

Rosa Ofelia Mendoza Siller

Por ser el apoyo comprensión y entusiasmo durante los periodos de altibajos en esta etapa de mi vida durante la cual me ha inculcado los valores para ser una persona de bien.

A mis hermanos

Juan Gregorio

Miriam

Carolina

Con inmenso agradecimiento por su apoyo que me han brindado en todo momento y por a ver creído en mí. A mis hermanos con cariño y gratitud

A mis amigos, Eduardo, Saúl, Miguel Ángel, Gustavo, Ernesto, Uriel, Lorenzo, Óscar, Alberto, Isac.

Profesores y a la UAAAN

Que de ellos tomé sus buenos consejos y ejemplos para llegar hasta aquí.

Con cariño y admiración, les dedico este logro como una más de mis metas.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Justificación.....	2
Objetivo	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen del Cultivo.....	3
Taxonomía de la Papa.....	3
Generalidades de la Papa	6
Variedades	6
Principales Organismos que Afectan al Cultivo de la Papa	6
La Sarna Común	7
Antecedentes de la sarna en el mundo	7
Sarna de la papa <i>Streptomyces scabies</i>	7
Agente causal	7
Ciclo de vida se <i>S. scabies</i>	8
Clasificación taxonómica de <i>S. scabies</i>	9
Descripción del patógeno	10
Sintomatología.....	10

Factores que Contribuyen al Tipo de Lesión y Severidad	12
Resistencia del cultivo	12
Condiciones ambientales	12
Persistencia en el Suelo y Formas de Dispersión	13
Desarrollo de la enfermedad	13
Medidas de Manejo	16
Prácticas culturales.....	16
Control biológico	17
Manejo de la roña	17
<i>Bacillus subtilis</i>	19
Morfología colonial.....	19
Modo de Acción de <i>B. subtilis</i>	20
Antibiosis	20
Antagonismo de <i>B.subtilis</i> contra algunos Fitopatógenos	22
Índices de Cosecha	22
Métodos de cosecha	23
Método manual	23
Método mecanizado	23
Poscosecha.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS	25
Ubicación del Experimento.....	25
Material Vegetativo (semilla)	25
Preparación del Suelo y Macetas	25
Preparación de la Semilla Tubérculo	25
Preparación del <i>Bacillus</i>	25

Siembra de Papa.....	26
Aplicación de Tratamientos	26
Manejo del Cultivo	27
Fertilización.....	27
Parámetros a Evaluar	28
Diseño Experimental	28
RESULTADOS	30
Efecto de <i>B. subtilis</i> en el Crecimiento y Desarrollo de Papa	30
Numero de tallos.....	30
Altura de planta.....	31
Daño en hojas	32
Daño en tubérculos	33
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA	36
ANEXOS	42

ÍNDICE DE CUADROS

1. Producción de papa en México	4
2. Tratamientos usados en el control de <i>S. scabies</i>	26
3. Plaguicidas usados en el control de <i>S. scabies</i>	27
4. Dosis comerciales de fertilización recomendadas	27
5 Por ciento de daño en hojas de papa por tratamiento	32
6. Por ciento de daño en tubérculos de papa en UAAAN	33

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Anatomía de la planta de la papa	5
2. Ciclo de vida de <i>S scabies</i>	9
3. Agente causal de la roña común.....	10
4. Tipos de síntomas de <i>S scabies</i> en tubérculos de papa.....	11
5. Ciclo de la enfermedad de sarna común	14
6. Manejo integrado de sarna común.....	18
7. Escala de severidad de <i>S. scabies</i> en papa	39
8. Numero de tallos en el cultivo de la papa UAAAN.....	30
9. Altura promedio en tallos de papa UAAAN	31
10. Incidencia mostrada de <i>S. scabies</i> en hojas de papa a los 60 días.	32
11. Daño en tubérculos de papa por <i>S. scabies</i>	33

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más populares en el mundo, por su alto contenido de carbohidratos que la convierte en una fuente de energía. Fue domesticada hace 7 000 años por los habitantes que la usaban en su dieta diaria como fuente de carbohidratos. Los españoles la llevaron a Europa como una curiosidad botánica, con el paso del tiempo se volvió popular en todo el mundo. Actualmente existen diferentes variedades de papa que se cultivan en todo el mundo desde las zonas 1 500 msnm hasta latitudes superiores a los 3 000 msnm. Siendo un cultivo de importancia a nivel mundial, por esta razón las Naciones Unidas declararon el 2008 como año internacional de la Papa. Así se promovió conciencia y proyectos encaminados a recalcar la importancia del cultivo de la papa como alimento de los países en desarrollo.

Una limitante para la producción de papa son las enfermedades destacadas por su incidencia y severidad el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*, tizón temprano por *Alternaria solani*, y roña de la papa causada por *Streptomyces scabies*. Esta última reduce la calidad comercial de los tubérculos y ocasiona incidencias en tubérculos de 97 por ciento. La bacteria secreta una sustancia que estimula a las células vivas que rodean la lesión a producir varias capas de células corchosas que la aíslan. El sector afectado es empujado sobre la superficie del tubérculo, resquebrajándose y diseminando la bacteria hacia células vecinas. Las lesiones pueden aparecer como pequeñas protuberancias con una depresión central cubierta por tejido corchoso, que a veces abarcan toda la superficie del tubérculo.

Justificación

Este problema tiene importancia agronómica por el daño que se ocasiona en campo así como en postcosecha. El uso irracional de agroquímicos para la protección de los cultivos ha generado efectos adversos que afectan la calidad de los cultivos y el medio ambiente. El control de patógenos por medio de microorganismos con actividad antagónica es considerado una técnica viable para el control de la enfermedad conocida como la “sarna común de la papa”. El agente causal de la “sarna común es *Streptomyces scabies*.

Objetivo

Evaluar la efectividad biológica de *Bacillus subtilis* sobre este patógeno a nivel invernadero (comparación del porcentaje de daño) que causa gran impacto económico en papa y llevar el control de *S. scabies* y también reducir el número de aplicaciones con la utilización de productos de mayor persistencia.

Objetivos específicos

Evaluar el daño de *S. scabies*

Evaluar fitotoxicidad de *B. subtilis*

Hipótesis

Se espera que con la aplicación de este *Bacillus* sea de mayor efectividad sobre este patógeno *S. scabies* que se obtengan tubérculos de mayor calidad y menos incidencia de esta bacteria. El efecto antagónico contra *Streptomyces* spp., si también disminuyen el porcentaje de infección del patógeno en invernadero bajo condiciones controladas.

Palabras clave. Papa, bacillus subtilis, *Streptomyces scabies*, cultivo, roña

correo electronico; Jesús Efrain Mendoza Siller,
jesus_chuy30@hotmail.com

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Cultivo

La papa *Solanum tuberosum*, es una planta originaria de América, por lo que es posible encontrarla a través de gran parte del territorio donde la mayoría de los campesinos han tenido algún contacto con ella. Aunque la historia de la papa puede trazarse en el centro de origen del lago Titicaca (Bolivia – Perú) y en el norte del Perú diez siglos atrás.

La adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura fotoperiodismo, suelos entre otros y de producir desde los 80 o 90 días en adelante, han hecho que se haya estudiado, en especial fuera de América y que hoy aparezca junto al trigo y maíz con muchos antecedentes bibliográficos (Valadez, 1992)

La papa ha conquistado los lugares más remotos del planeta y si bien es cierto que no en todas partes del mundo se le somete a intensa explotación y cultivo, por lo menos ya es aceptada en Asia, África, Oceanía y otros lugares (Centro de Estudios Agropecuarios, 2002).

Taxonomía de la Papa (Sensu Chase &Reveal, 2009)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliophyta

Subclase: Magnolospida

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Género: *Solanum*

Especie: *tuberosum*

La papa es una hortaliza que tiene diversos usos: en fresco para consumo humano, en la elaboración de diversos platillos gastronómicos, como materia prima en la elaboración de forrajes para el consumo animal, y en la industria química, para la extracción de alcohol y fabricación de licores, esencias, aromas, entre otros.

En México, el tubérculo de papa se produce todo el año, prácticamente, desde el nivel del mar (Sinaloa, Sonora, entre otras), hasta altitudes superiores a los 2,400 metros sobre el nivel del mar (Jalisco, Michoacán, Veracruz, entre otras), por lo que su oferta en el mercado en fresco es permanente. Se cultiva todo el año, tanto en los ciclos primavera-verano (abril a septiembre), así como en el de otoño-invierno (de octubre a marzo), bajo condiciones de temporal y riego. El cultivo de papa en México alcanza un valor cercano a los 11 mil mdp, cifra que le coloca como el 7° cultivo más importante en el país. Esta actividad se ha estancado en los últimos años, sin mostrar un crecimiento significativo. (SIAP-SAGARPA, 2014).

Año	Superficie (miles ha)		Volumen de Producción (miles ton)	Rendimiento (ton/ha)
	Sembrada	Cosechada		
2005	66.0	63.0	1,634.7	26.0
2006	61.9	61.2	1,522.6	24.9
2007	65.6	64.7	1,750.8	27.1
2008	61.1	60.2	1,670.1	27.1
2009	54.1	54.1	1,500.5	27.7
2010	55.6	55.4	1,536.6	27.8
2011	69.1	54.6	1,433.2	26.3
2012	68.9	67.2	1,801.6	26.8
2013	61.9	61.4	1,654.4	26.9

Cuadro 1. Producción de papa en México. Fuente SIAP-SAGARPA

Generalidades de la Papa.

La papa pertenece a la familia *Solanaceae*. Es una planta anual, de tallo erecto, puede medir hasta 1 m de altura, sus hojas son compuestas, con 7 folíolos de forma lanceolada; las flores tienen forma de estrella y sus pétalos están fusionados; el color de la flor puede ser blanco, rosado o violeta con el centro amarillo. Su fruto es una baya verde pequeña que tiene forma semejante a un tomate. La parte que se consume es el tubérculo, que es el engrosamiento subterráneo de los tallos que sirve para almacenar sustancias de reserva (Figura 1). Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos", hundimientos para resguardar las yemas vegetativas, que den origen a tallos dispuestos en forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas (Román y Hurtado, 2002).

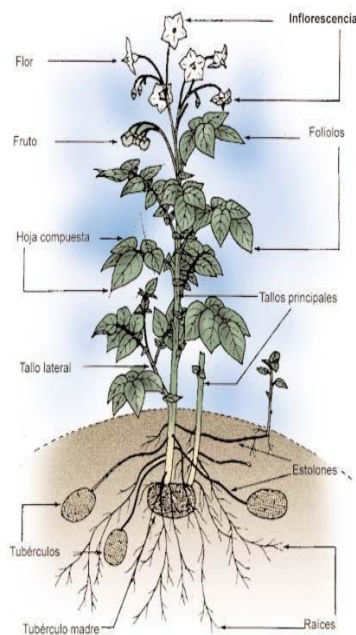


Figura 1. Anatomía de una planta de papa. Fuente: Román y Hurtado 2002

Variedades.

En el mundo se cuenta con una gran cantidad de variedades, las cuales se pueden dividir en industriales, para consumo en fresco y variedades llamadas finas. En nuestro país existe un importante número de variedades entre las que destaca la Alpha, que participa con el 44% de la superficie nacional cosechada y más de la mitad de la producción total del país; además de que se cuenta con otras como la Atlantic, Gigant, Mundial, entre otras (FAO 2008).

Principales organismos que Afectan al Cultivo de la Papa.

Fitoplasmas: Los principales fitoplasmas que afectan al cultivo de la papa son, la punta morada de la papa, escoba de brujas y la bola de hilo.

Hongos: Entre las enfermedades fungosas se encuentran la roña *Spongopora subterranea*, tizón tardío *Phytophthora infestans*, pudrición rosada *Phytophthora erythroseptica*, tizón temprano *Alternaria solani*, pudrición basal *Sclerotium rolfsii*, rizoctoniosis *Rhizoctonia solani*, pudrición seca y marchitez por *Fusarium* spp. (Reynoso et al., 2011).

Nematodos: Entre los nematodos se encuentran *Globoderapallida*, *G. rostochiensis*, *Meloidogynespp.* Y *Nacobbus aberrans*, que inducen agallas, *Pratylenchus* spp. induce lesiones radiculares (Cepeda 2003).

Los Virus: Al presente se han reportado alrededor de 28 virus que infectan al cultivo de la papa. De éstos, el virus X (PVX), virus Y (PVY), y el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV) de la papa, son los más importantes a nivel mundial.

Bacterias. Las principales enfermedades bacterianas que afectan a este cultivo son marchitez bacteriana *Ralstonia solanacearum*, pierna negra y pudrición blanda *Pectobacterium* spp., pudrición anular *Clavibacter michiganensis sub.*, sarna común *Streptomyces scabies* (Thaxter), (Hiltunen et al., 2005).

La Sarna Común

La papa, a través de su ciclo de crecimiento y desarrollo, está expuesta al ataque de una amplia gama de organismos causantes de enfermedades. Además, se deben agregar las limitaciones impuestas por el medio ambiente, que pueden estar asociadas al suelo, agua, temperatura, luz, calidad del aire, nutrición mineral e interferencia de malezas (Powelson, and Rowe 1993).

Antecedentes de la sarna común en el mundo

La sarna común es una seria enfermedad que afecta el cultivo de papa (*S. tuberosum*) y otros cultivos de raíces y tubérculos incluyendo rábanos, remolacha y zanahoria. Sin duda es la enfermedad de mayor importancia económica dentro de las causas de otras especies del género *Streptomyces*. Esta enfermedad reduce la comercialización el procesamiento de la papa y los tubérculos de semilla de papa debido a los síntomas externos y la naturaleza de transmisión de los patógenos. La mayoría de las variedades de papa cultivadas son susceptibles a la sarna (Loria *et al.*, 1997), la cual se ha reportado en América, India, África y Asia (Wanner, 2006)

Sarna de la Papa *Streptomyces* spp.

Agente causal.

Este microorganismo se describió en 1892, como *Oospora scabies* por Thaxter. Posteriormente, este agente se reclasificó como *Actinomyces scabies* (Güssow), y más tarde como *Streptomyces scabies* por Waksman y Henrici. Sin embargo, en el 1989 Lambert y Loria realizaron la descripción definitiva, debido a que la cepa señalada anteriormente por Waksman no se describía con precisión al organismo aislado de los tejidos enfermos (Doering, 1992).

Es un microorganismo filamentoso, heterótrofo, produce un micelio delgado que puede fragmentarse o subdividirse asexualmente originando esporas . Presenta gran similitud con hongos lo que se debe a su morfología pero difiere de éstos debido, al menor diámetro de su micelio (Hooker, 1981). Sin embargo, posee una estructura celular procariótica. Es un organismo aeróbico, en medios de cultivo produce filamentos y melanina que es un pigmento café oscuro (Flores, 2008).

Las especies de *Streptomyces* son parte importante en la biodiversidad que integra la microflora del suelo, en cuyo hábitat permanece presumiblemente como esporas más que micelio (Katznelson, 1965 y Park, 1965). La roña común es causada por los actinomicetos (bacterias filamentosas) *Streptomyces scabies* (Thaxter 1892) y *S. acidiscabies* (Lambert & Loria, 1989.) *S. scabies* tiene los sinónimos *Actinomyces scabies*, *Streptomyces scabies*. Truper y De Clari (1997) cambiaron el nombre sustantivado *scabies*.

Ciclo de vida de *Streptomyces* spp.

Los actinomicetos presentan un ciclo de vida complejo que implica procesos de diferenciaciones morfológicas y fisiológicas. Estas bacterias son capaces de colonizar sustratos relativamente secos con restos de materia orgánica, formando una red de hifas tabicadas ramificadas que dan lugar al “micelio sustrato”. Estas hifas obtienen los nutrientes de la degradación del material orgánico insoluble gracias a numerosas enzimas hidrolíticas. En una primera etapa, las zonas más alejadas de la fuente de nutrientes empieza a acumular sustancias de reserva (lípidos, glucógeno, etc.), hasta que debido a la carencia de nutrientes, se reciben una serie de señales en dicha zona que disparan la expresión de genes implicados en la formación del micelio aéreo. Estas hifas se nutrirán de los productos de degradación del “micelio sustrato”, y en una segunda etapa van a sufrir un proceso de curvatura, esporas unicelulares, que se liberan al medio y que con las condiciones adecuadas, germinarán y desarrollan un nuevo “micelio sustrato”. (Fig. 2) En contraste con otras bacterias que producen esporas como mecanismo de defensa, las especies *Streptomyces* las producen como principal método de dispersión. Las cadenas de esporas son una característica morfológica y taxonómica importante, ya que dependiendo de la especie, las formas de la cadena, pueden ser, ramificadas, en espiral o flexuosas (Shiriling y Gottlieb, 1966). La producción y secreción de metabolitos secundarios, coincide por lo general con el inicio de la diferenciación morfológica, una vez terminado el desarrollo vegetativo (Loria *et al.*, 2006)

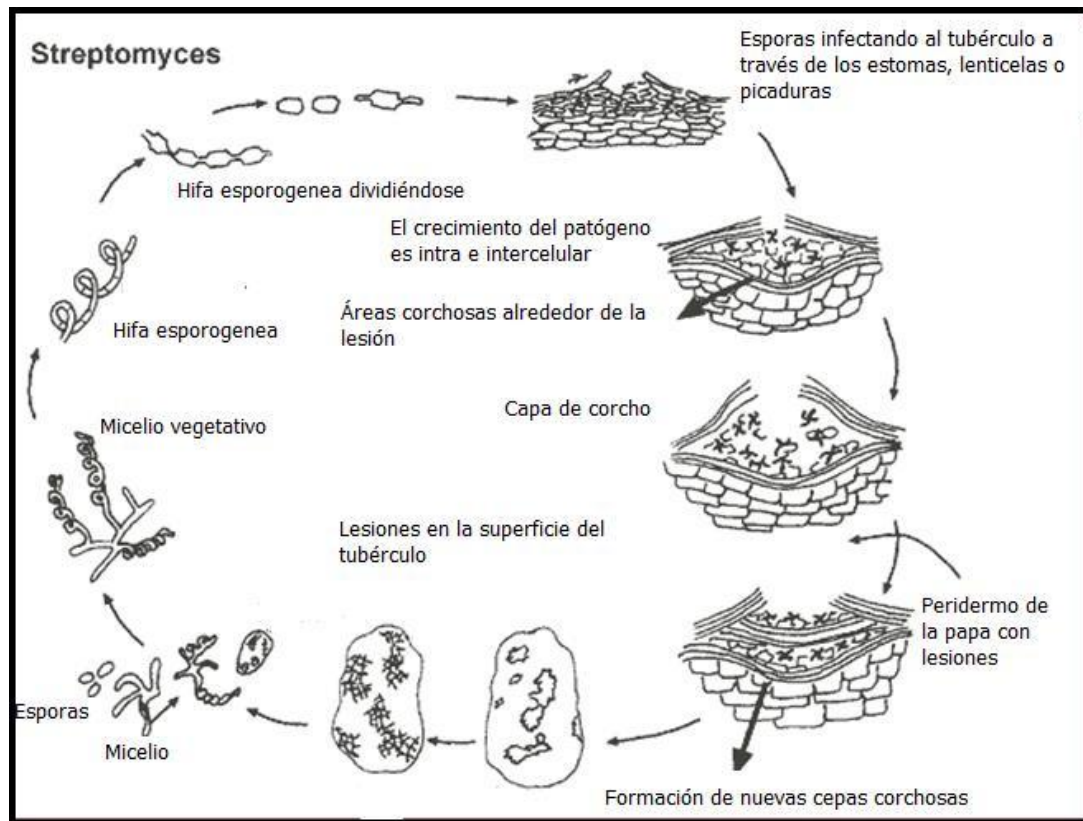


Figura. 2 Ciclo de vida de *Streptomyces scabies*, Sáenz, 2005

Clasificación taxonómica (Thaxter) 1892.

Reino: Procariota

División: Firmicutes

Clase: Thallobacteria

Familia: Streptomycetaceae

Género: *Streptomyces*

Especie: *scabies*

Descripción del patógeno

La forma vegetativa consiste en un micelio ramificado y delgado (de casi 1 micra de espesor) que presenta pocas o ninguna septa. Las esporas son de forma cilíndrica o elipsoidal, de casi 6.6 x 1.5 micras y se forman sobre hifas espirales especializadas que forman septas desde su extremo hasta su base conforme se fragmentan dichas estructuras dando origen a las esporas. (Fig. 3) (Agrios, 2005)

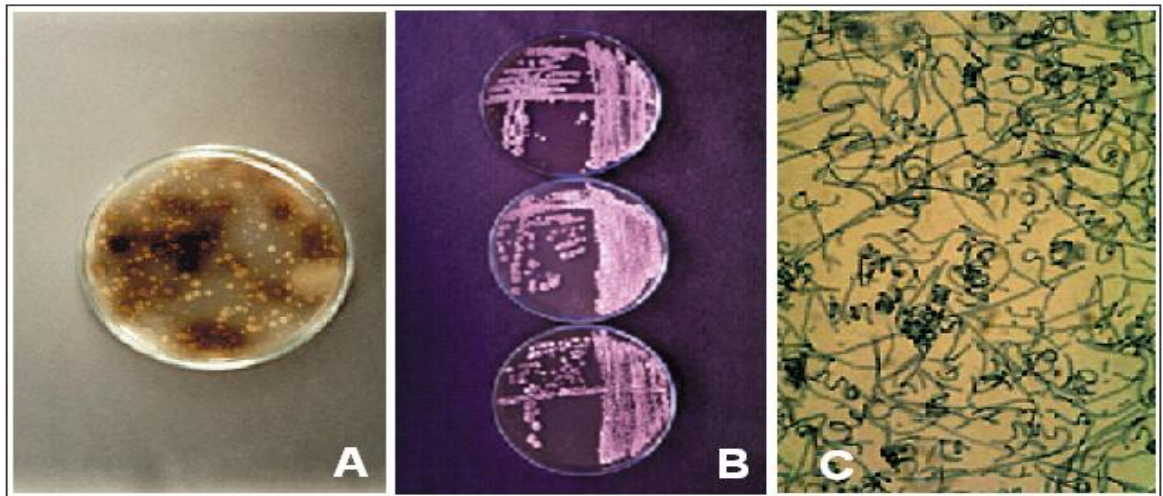


Figura 3. Agente causal de la roña común, *Streptomyces scabies*. A, producción de melanina por colonias; B, desarrollado en placas Petri mostrando crecimiento aéreo; C, mostrando cadenas de esporas en forma helicoidal (Loria et. al., 1997)

Sintomatología

Una vez que el patógeno ha penetrado al interior del tubérculo, este crece entre unas cuantas capas de células las que mueren y permiten su vida saprofita. Además, genera sustancias que estimulan a las células vivas a dividirse con rapidez y a producir capas de células de corcho que aíslan al patógeno. Los síntomas en tubérculos. Las lesiones en los tubérculos son superficiales, erupciones o cavidades, las que causan pérdidas directas por reducción de la calidad del tubérculo, y por ende, de su comercialización, no así de su rendimiento o su mantención en almacenaje (CIP 1980; Loria, 1994)

Diversos autores mencionan que las lesiones pueden variar considerablemente de aspecto, Calderoni (1978), Smith (1992); Loria (1997), pudiendo presentar los distintos síntomas en un mismo tubérculo (Hooker, 1981)

Descripción y Denominación de Distintos Tipos de Síntomas

(a) sarna normal: las lesiones son redondeadas estrelladas, con bordes agrietados o rotos, o una serie de capas irregulares, pero concéntricas de súber rodeando una depresión central. Figura. 4

(b) sarna superficial: las lesiones son simplemente manchas suberosas superficiales que recubren gran parte de la superficie de los tubérculos. Fig. 4

(c) sarna profunda: las lesiones pueden permanecer aisladas, pero si el ataque es grave las grietas y surcos se desarrollan hasta 1 cm de profundidad, de color café oscuro, bajo el tejido de la lesión de color café claro y traslucido. *S. scabies* es un patógeno que puede sobrevivir por tiempo indefinido como micelio o esporas en la mayoría de los suelos, exceptuando los más ácidos. También, sobrevive en restos de plantas infectadas en el suelo, pudiendo penetrar a tejidos sanos por heridas o aberturas naturales (Agrios, 2005).



a) sarna normal

b) sarna superficial

c) sarna profunda

Figura 4 Tipos de síntomas de *Steptomyces scabies* en tubérculos de papa (Agrios,2005)

Factores que Contribuyen al Tipo de Lesión y Severidad

La enfermedad resulta de la interacción entre la planta, las condiciones ambientales y el patógeno. El resultado de esta interacción se traduce en diferencia en el tipo de lesión, la incidencia y la severidad de la enfermedad de región en región (o de un campo a otro dentro de la misma región o de año en año en el mismo campo), lo que complica los esfuerzos para comprender la contribución de cada componente en la enfermedad (Wanner, 2009). Los factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad son:

Resistencia del cultivo

En los cultivos varía el nivel de resistencia; hoy en día no existen cultivares inmunes a la infección, pero hay algunos con niveles altos de resistencia. Sin embargo, bajo condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, presenta la sintomatología (Wanner, 2009). La penetración del patógeno estimula a los tejidos del tubérculo a formar una barrera dependiendo de la susceptibilidad del tubérculo. Esta barrera se limita a unas pocas células por debajo de la superficie. Si esta primera barrera impide que la invasión avance, se forma una sarna superficial. Si por el contrario, la barrera es vencida, se forma una segunda barrera y a menudo una tercera antes que la penetración se detenga provocando de esta forma una lesión más profunda (Cancino, 2003)

Condiciones ambientales

Los factores ambientales como la humedad del suelo y el pH parecen jugar un papel en la variabilidad, en la incidencia y la severidad de la sarna común (Wanner, 2009). Dependiendo del patógeno que esté en juego, las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad varían. La sarna causada por el agente causal más distribuido en el mundo; *S. scabies*, se asocia con estaciones secas y calientes. El mantenimiento de humedad alta en los suelos durante las etapas tempranas del crecimiento del tubérculo, es una estrategia muy usada para prevenir esta enfermedad. Sin embargo, los brotes de sarna son frecuentes en las condiciones del suelo con irrigación o húmedo en el norte de Europa, Israel y

Canadá. La alcalinidad del suelo (pH superior a 7) se ha considerado a favor de la sarna, aunque la “sarna acida” ocurre a un pH 5 o menor y es causada por *S. acidiscabies*. La evolución de las cepas de *Streptomyces* para adaptarse a las nuevas condiciones no es sorprendente, considerando la ubicación del género junto con la transferencia horizontal de una isla de patogenicidad que poseen (Wanner, 2009).

Persistencia en el Suelo y Formas de Dispersión

La microflora normal de prácticamente todos los suelos, incluye especies de *Streptomyces* que pueden producir sarna. Los patógenos de sarna común se pueden introducir en el suelo por medio de tubérculos infectados y durante las prácticas agrícolas. El suelo contaminado, puede propagarse por el viento y lluvia. Estos organismos sobreviven al paso por el tracto digestivo de los animales por lo que puede ser diseminado por el estiércol de los mismos. La densidad del inóculo inicial en los suelos puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de la enfermedad. Las esporas de la especie *Streptomyces* pueden sobrevivir en terrenos secos por largos periodos de tiempo, no se distribuyen uniformemente en el suelo y se producen en racimos pequeños y localizados. Ha sido documentado que las esporas de *S.scabies* pueden permanecer variables en el suelo por una década a un máximo de veinte años, sin que hay habido cultivo de papa en el campo durante ese tiempo. Este patógeno tiende a predominar en suelos secos neutros a alcalinos (Agrios, 2005). Por otra parte *S. acidiscabies* se encuentra en un suelo pH ácido, pero su habilidad para persistir en el suelo es muy pobre y usualmente es transmitido por tubérculos semilla infectados. Aunque la contribución a los síntomas de sarna del inóculo en la semilla es insignificante, esta fuente puede ser relevante para la dispersión de nuevas cepas de *Streptomyces* patógenos o especies a nuevas aéreas (Cullen and Less, 2006)

Desarrollo de la enfermedad

La infección exitosa en la planta hospedera es un proceso complejo con varios pasos, requiriéndose que el patógeno registre la presencia del hospedero adecuado para colonizar el tejido vegetal y para sobrevivir a la presencia de sus

mecanismos de defensa. La patogenicidad en planta ha evolucionado independientemente en cientos de microorganismos. Entre los miembros de *Streptomyces* la capacidad de infectar es un poco común, si bien son conocidos por su estilo de vida saprofita, su complejo desarrollado ciclo de vida y su producción de metabolitos secundarios (Figura 5.) (Bignellet *al.*, 2010).

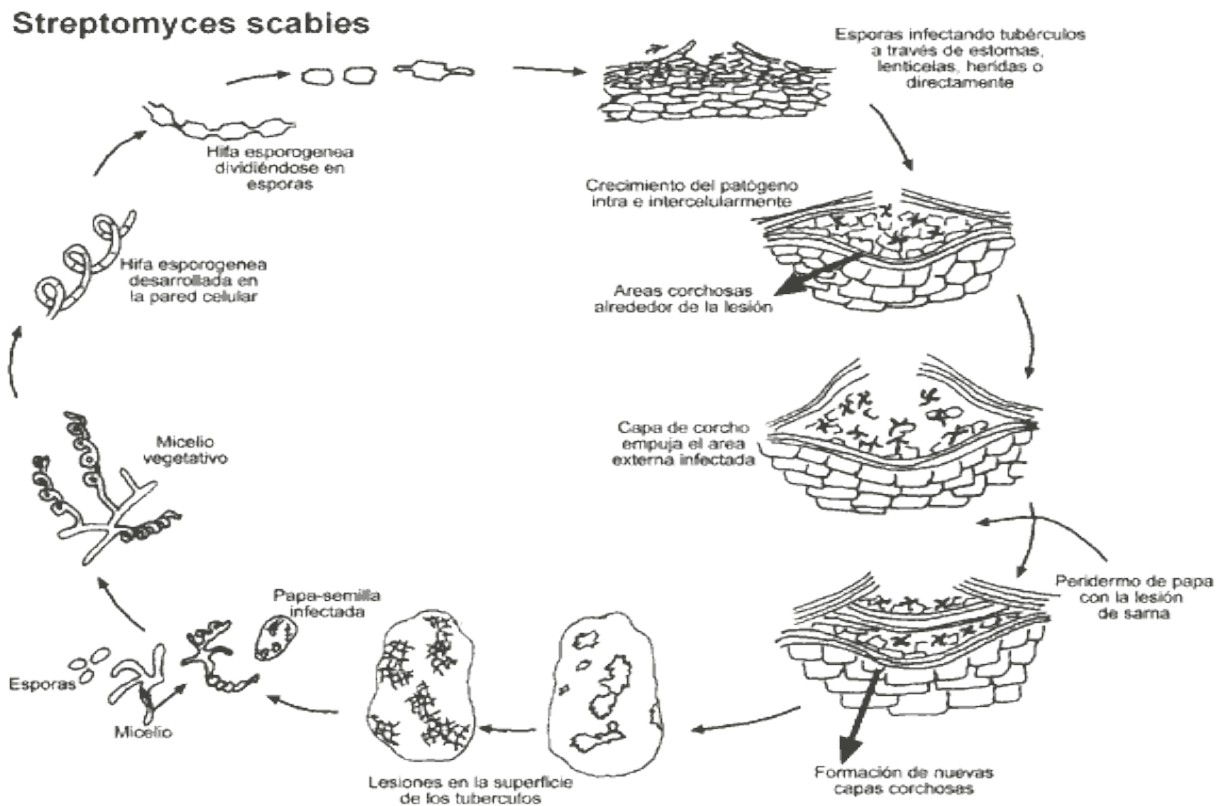


Figura. 5 Ciclo de la enfermedad de sarna común causada por *S. scabies* Agrios, 2005

A) *S. scabies* invade los tejidos de los tubérculos a nivel de campo. El suelo es la principal fuente de inóculo este puede ser infectado a través de papas semillas contaminadas, tierra adherida a herramientas o por el transporte por el viento y el agua *S. scabies* sobrevive durante un tiempo indefinido en el suelo en su forma miceloide vegetativa o como esporas (Agrios, 2005)

B) La invasión del patógeno en los tejidos se produce a través de lenticelas, heridas, estomas y en los tubérculos jóvenes directamente ya que penetra a

través de las aberturas naturales por las que se realiza intercambio gaseoso de la epidermis. Las lenticelas se hacen susceptibles solo tras la ruptura de las células estomáticas. El desarrollo de la enfermedad continua durante 6 a 8 semanas periodo en el cual el tubérculo se encuentra en crecimiento (Agrios, 2005).

- C) Las bacterias crecen sobre todo en los espacios intercelulares de las células del parénquima, solo en las regiones de la periferia de las lesiones puede encontrarse micelio intracelular, pudiendo esporular en abundancia dentro de las células (Cancino, 2003). Estas capas de células mueren y el patógeno vive a partir de ellas (Loria *et al.*, 1997).
- D) Al tomar contacto el patógeno secreta una fitotoxina, que estimula a las células vivas que rodean la lesión, a dividirse con rapidez y producir varias capas de células corchosas que la aíslan. Estas capas no solo inhiben el avance que pueda intentar el patógeno sobre las células, sino que también bloquean la difusión de cualquier sustancia que el patógeno pueda secretar. Además, estas capas detienen el flujo de agua y nutrientes desde las zonas sanas hasta la zona infectada y suprimen la nutrición del patógeno (Cancino, 2003).
- E) El sector afectado es empujado sobre la superficie del tubérculo, resquebrajándose y diseminando la bacteria hacia células vecinas. Las lesiones pueden aparecer como pequeñas protuberancias con una depresión central cubierta por tejido corchoso, que a veces abarcan toda la superficie del tubérculo. La profundidad de la lesión por otros organismos, incluyendo insectos. Estos últimos parecen romper las capas de corcho y permitir que el patógeno invada el tubérculo a mayor profundidad. Las lesiones de sarna amenudo sirven como puntos de entrada, para organismos parásitos secundarios o saprofitos que hacen que los tejidos se pudran (Agrios, 2005).

Inicialmente las lesiones aparecen como pequeñas (5-8 mm). A medida que el patógeno sigue colonizando el tubérculo, el huésped desarrolla heridas en la epidermis dando lugar a lesiones ligeramente elevadas, compuestas por tejido áspero, corchoso. Estas manchas pueden unirse para formar lesiones de forma

irregular, que suelen ser tanto de color marrón y de textura áspera (Gouws, 2006). Los parches pueden convertirse en grietas cuando la infección progresa y adquieren una apariencia de estrella. La enfermedad también puede extenderse al tubérculo resultando en sarna superficial. La epidermis del tubérculo se mantiene intacta en lesiones superficiales. En lesiones más profundas, la epidermis del tubérculo se rompe y se forman hasta tres capas de "corcho" (Gouws, 2006).

Medidas de Manejo.

Su diseminación se produce por el agua en el suelo, o por suelo llevado por el viento o en tubérculos infectados (Agris, 2005).

S. scabies, puede encontrarse en el suelo, especialmente en aquellos para la producción de papas o en los tubérculos, por esto se debe evitar utilizar tubérculos semillas contaminados para no introducir cepas agresivas. La humedad en el suelo durante el manejo y semanas después de la iniciación de tuberización puede reducir la severidad de algún tipo de sarna, además, el pH del suelo cuando es menor a 5,4 impide ataques severos de algunos tipos de sarna (Loria, 1994).

Prácticas culturales

Se recomienda realizar las siguientes prácticas culturales:

Como medidas preventivas se debe mantener altos los niveles de humedad del suelo durante y después del establecimiento de los tubérculos, desde 4 a 9 semanas de acuerdo a la variedad, evitar aplicaciones excesivas de cal, utilizar variedades con un grado de resistencia, rotaciones y utilización de semilla sana (CIP, 1980).

Usar como tubérculos-semilla sanos, procedentes de campos sanos.

Rotar el cultivo con maíz, trigo, cebada, alfalfa.

Evitar las rotaciones con plantas hospedantes como: remolacha, zanahoria. *S. acidiscabies* no sobrevive en plantas no hospedantes. Mantener el pH del suelo entre 5 a 5.2, utilizando fertilizantes que producen acidez como el sulfato de amonio, especialmente para controlar *S. scabies*. El ajuste ascendente del pH del

suelo es una estrategia eficaz de manejo para el moho gris por *Botrytis* en los suelos arenosas. Un pH de 6.5 – 7.0 es recomendado para la supresión de la marchitez por *Fusarium*. También lo es para con el propósito de que las plantas aprovechen mejor los elementos nutricionales y se obtengan mayores rendimientos de cosecha. Se recomienda que los mejoradores de suelo se incorporen en forma total durante la preparación del terreno para que reaccionen en este período de preformación de las camas. (Agrios,2005)

Resistencia.

Usar variedades tolerantes o resistentes.

Control biológico.

La aplicación de *Bacillus subtilis* (Agro Bacilo) puede ayudar a bajar la incidencia y severidad de la roña común de la papa

Manejo de la roña

De los estudios hechos en esta enfermedad, se concluyó que el manejo de la roña común es el problema desafiante y puede sugerirse que deba haber un enfoque integrado, es decir, uso de cultivares resistente, tratamiento químico de tubérculos-semilla, enmendaduras orgánicas (composta), prácticas culturales y manejo del wáter para controlar la enfermedad al nivel de umbral (Srivastava y Mishra, 2004). De los estudios hechos en esta enfermedad, se concluyó que el manejo de la roña común es el problema desafiante y puede sugerirse que deba haber un enfoque integrado, es decir, uso de cultivares resistente, tratamiento químico de tubérculos-semilla, enmendaduras orgánicas (composta), prácticas culturales y manejo del wáter para controlar la enfermedad al nivel de umbral (Srivastava y Mishra, 2004). La fuente de Inoculo patógeno *Streptomyces scabies* y su impacto en los tubérculos formados en las raíces juegan un papel importante en la toma de decisiones con respecto al manejo de la enfermedad. El agente causal de la roña de la papa *Streptomyces scabies* se encuentra en los tubérculos y en el suelo y persiste durante más de 10 años (Frank

and Leach 1980; Frank 1981; (Powelson *et al.*, 1993). Muy pocos fungicidas son efectivos contra los patógenos del suelo que afectan a la papa, incluyendo *S. scabies* (Harrison *et al.* 1970; Powelson *et al.* 1993; Wick *et al.* 1995; Johnson 1995, 1996; Loria *et al.*, 1997). Aunque la rotación de cultivos es practicada regularmente en el Valle de El Fuerte, Sinaloa y Huatabampo, Sonora, para manejar la roña común, se ha observado un notable incremento de esta enfermedad en los campos de cultivo de papa. La roña es importante en los tubérculos-semilla, en las papas para consumo fresco, así como también en las papas de proceso. Los niveles altos de roña pueden llevar al rechazo de los embarques. El inóculo de *S. scabies* en el suelo y en los tubérculos-semilla juega un papel importante en el desarrollo de la enfermedad en la mayoría de los campos (Sanford 1937; James y McKenzie 1972; Carling *et al.*, 1989), lo cual indica que el control del inóculo en el suelo y los tubérculos-semilla es esencial para el manejo integrado de *S. scabies*. Cultivares resistentes pueden proporcionar un grado significativo de control, sin embargo, la inmunidad no ha sido identificada, existen pocos cultivares resistentes y éstos aun pueden desarrollar la enfermedad, si las densidades del patógeno son altas o las condiciones del suelo son favorables (Fig. 6) (Loria, 1995).



Figura. 6 Manejo integrado de sarna común (Agrios,2005)

Bacillus subtilis Cohn 1872)

B. subtilis es un microorganismo autóctono del suelo que prospera en la naturaleza, donde se encuentra ampliamente distribuido en muy diversos hábitats y los cuales ha colonizado eficientemente debido a sus cualidades, entre las cuales podemos mencionar; el tener un programa genético que le permite formar esporas, crecer en un amplio rango de temperaturas, la capacidad de moverse, mostrar velocidades de crecimiento altas, producir enzimas hidrolíticas que le permiten formar esporas extracelulares y una variedad de antibióticos. Es una de las 40 especies reconocidas del Género *Bacillus*, su identificación es sencilla: forma esporas termo resistente, es catalasa y Voges-Proskauer positivo, su crecimiento en agar anaeróbico (agar nutritivo) es negativo y la hidrólisis del almidón es positiva (Slepecky y Hemphill, 1992). Este microorganismo son bacilos móviles, células individuales o en pequeñas cadenas, temperatura de crecimiento de 15 a 55 °C, reducen el nitrato a nitrito, e hidrolizan almidón y caseína. (Nakamura, *et al.*, 1999) en medios complejos con glucosa o nitrato se observa un crecimiento anaeróbico restringido (Sallé, 1968)

Habitad:

En el heno, polvo, leche, suelo, agua

Morfología colonial

Todas las características del *Bacillus subtilis* pueden ser observadas durante el crecimiento de la bacteria en una superficie de agar. La colonia es tradicionalmente circular, con bordes definidos, de color crema o blanco. Las bacterias se extienden desde el centro, manteniendo limitada la forma circular de la colonia. Puedes ver los organismos individuales moviéndose juntos debajo del microscopio. Las bacterias individuales viajan en bandas, moviendo a la colonia en conjunto. El *Bacillus subtilis* sólo se puede mover en una dirección: hacia adelante. (Ferreira, *et al.*, 1991)

Se ha propuesto una subdivisión sobre la base de diferencias en la composición química de la pared celular, su distribución geográfica y a la frecuencia de transformación homo y heterogamia. *B. subtilis* sp. *Subtilis* sp. nov. (NRRL NRS-744, ATCC 6051, cepa Marburg) y *B. subtilis* sub sp. *Spizizenii* sub sp. nov. (NRRL B-23049), las cepas derivadas de la 168 y otras similares se agrupan junto con la especie tipo en el primer grupo y las derivadas de la cepa W23 y relacionadas en el segundo. La cepa 168 es ampliamente usada en la academia y en la industria para la obtención de productos comerciales (Ferrari, *et al.*, 1993), además esta cepa es competente natural, es decir que en ciertas condiciones incorpora ADN foráneo de manera natural (Anagnostopoulos y Spizizen, 1960), lo cual facilita la manipulación genética, las estrategias de biología molecular con esta cepa y fue utilizada para secuenciar el genoma de *B. subtilis* (Kunstet *al.*, 1997). Debido a sus características, *B. subtilis*, microorganismo cuyo hábitat natural es el suelo, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Entre sus principales características se encuentra su capacidad para formar esporas en diversas condiciones de estrés, crecer en un intervalo amplio de temperaturas (desde 15 hasta 55 °C), presentar motilidad, aerotaxis y velocidades de crecimiento altas, sobrevivir en concentraciones salinas (hasta el 7% de Na Cl), producir una amplia variedad de antibióticos y enzimas hidrolíticas extracelulares (Sharga *etal.*, 1998).

Modo de Acción de *B. subtilis*

Antibiosis

Produce enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y electrones. Producen antibióticos como la bacitracina, polimixina, gramicidina y circlulina, reduciendo la incidencia de enfermedades.

Cuervo (2010) menciona que *B. subtilis* segrega una proteína llamada subtilina que actúa sobre la pared celular de los hongos, minimizando su daño, también demostró que induce resistencia sistemática natural de la planta contra el patógeno fungoso propiedad llamada Resistencia Sistemática Adquirida (SAR).

Estudios demuestran que *B. subtilis* colabora activamente en la degradación de diversos sustratos celulósicos, gracias a la enzimas que este aporta (Utkhede y Smith 1991)

Control biológico con *Bacillus subtilis*.

Lazareto *et al.*, (1994) utilizaron *B. subtilis* para controlar la pudrición radicular del frijol, la cual se evaluó comparando diferentes sustratos y se determinó que en condiciones de laboratorio el tratamiento con turba fue el más eficaz y en condiciones de campo la formulación a base de pectina fue la que logra mejor control(Kunstet *al.*, 1997).

Torres *et al.*,(2001) realizaron pruebas in vitro con *Pseudomonasspp.*y*B. subtilis* aislados de plátano y arroz, respectivamente.

Estos microorganismosmostraron la capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos del suelo, tales como *Fusarium oxysporium*, f. s. *lycopersici*, *Pythiummultimun*, *Rhizoctonis solani*, *S. rolfsii*, *Phytophthora nicotianae*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium solani*.(Kunstet *al.*, 1997).

Fitotoxicidad de los Antibióticos

(Fravel 1988) reportaron que filtrados de unos aislados de *B. subtilis* limitaron la severidad de la roya en frijol en el campo, pero que también un filtrado fue dañino para el crecimiento de la planta, dando como resultado bajo rendimiento. De la misma manera, cinco de seis metabolitos de *Bacillus* fueron tóxicos para las plántulas de arroz a las concentraciones probadas el mismo autor reporta queantibióticos de *Streptomyces* y *Bacillus*spp. No causaron daño a las plántulas de alfalfa.

Antagonismo de *B. subtilis* Contra Algunos Fitopatógenos

Rytter *et al.*, (1989) aislaron doce cepas de *B. subtilis*, evaluándola en cultivares de geranio de la urediospora de *Puccinia pelargonii-zonalis* el agente causal de la roya del geranio. Encontraron tres cepas de *B. subtilis* que inhibieron la germinación de la urediospora, disminuyendo la incidencia de pústulas de la roya en el invernadero

Korsten *et al.*, (1989) realizaron experimentos en campo, aplicando en pre cosecha *Bacillus lincheniformis* y *Bacillus subtilis* en un o sin roseado con oxiclورو de cobre, y observaron que fue más efectivo en el control de enfermedades de pos-cosecha (antriacnosis y el complejo de la pudrición del fruto (*Colletotrichum-Dothiorela*) de aguacate, comparado con los programas normales de rociado de oxiclورو de cobre comercial.

Okayama *et al.*, (1991) realizaron experimentos para seleccionar y observar el efecto de antagonismo sobre la marchitez por *Fusarium* en fresa. De los microorganismos probados (bacterias, hongos y actinomicetos), aislados de la raíz de fresa, melón, maíz y trigo; encontraron que *B. subtilis* y Actinomicetos proporcionaron un control efectivo de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de fresa en almacigo.

Kobayashi (1991), menciona que un tratamiento de suspensiones de *B. subtilis* y dos actinomicetos suprimieron levemente la incidencia del amarillamiento de la coliflor causada por *Fusarium oxysporium* en un campo densamente infestado.

Índices de Cosecha

La cosecha se debe realizar cuando los tubérculos hayan alcanzado su madurez fisiológica, la cual se verifica mediante los siguientes criterios (i) plantas amarillas y secas; (ii) no hay desprendimiento de la piel del tubérculo al pasar la yema del pulgar; y finalización del ciclo vegetativo (Sola, 1986; Montes de oca, 2005; Pumisacho y Velásquez, 2009)

Métodos de Cosecha

Método manual.

Se utiliza el azadón. Se retira un poco de tierra de los costados de los surcos. Luego se invierte el suelo en donde se encuentra la planta, quedando los tubérculos en la parte superficial listos para ser recogidos (Sims *et al.*, 1979; Pumisacho y Velásquez, 2009).

Método mecanizado.

Se puede utilizar la cavadora de molinete o la cavadora de cadena sin fin. Se ha comprobado que estas máquinas son capaces de trabajar eficientemente en suelos franco-arenosos, sobre pendientes de hasta 8%. Si se realiza por medio de tracción animal se puede utilizar yunta con reja (Sims *et al.*, 1979; Zambrano). Algunas recomendaciones al momento de la cosecha son las siguientes (Sola, 1986; Oyarzun *et al.*, 2002)

Poscosecha

El propósito fundamental de la poscosecha es la conservación de los tubérculos en buen estado. Comprende las labores de selección, clasificación, ensacado y transporte. Las pérdidas en poscosecha son consecuencia de la incidencia e interacción de diversos factores físicos, fisiológicos y patológicos, que reducen la cantidad y calidad de los tubérculos cosechados. Se estima que las pérdidas ascienden a un 25% del total de la cosecha. Esto significa que la cuarta parte de lo que se produce en el campo no llega al consumidor o llega en mal estado (Sola, 1978; Naranjo *et al.*, 2002).

Las principales prácticas para reducir las pérdidas poscosecha son las siguientes (Naranjo *et al.*, 2002)

- Usar variedades resistentes al ataque de plagas y enfermedades.
- Realizar una cosecha cuidadosa.
- Cosechar tubérculos maduros.
- Mejorar las técnicas de manipulación, clasificación y selección de tubérculos.
- No dejar caer los tubérculos, a superficies duras de alturas mayores a 15 cm.
- Almacenar tubérculos sanos secos y libres de tierra.
Proteger los tubérculos de la exposición directa al sol y la lluvia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente experimento fue realizado en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila; la cual se encuentra localizada a una Latitud de 25°23' Norte a una Longitud de 101°00' Oeste, y con una Altitud de 1743 msnm.

Material vegetativo (semilla)

Se utilizaron tubérculos de papa infectados con *Streptomyces scabies* de la variedad comercial "Lucero", la cual fue proporcionada por el Ing. Xavier Aguirre Farías productor de papa de la región de Arteaga Coahuila.

Preparación del Suelo y Macetas

Se obtuvo suelo de la región papera del ejido la Hedionda, el suelo no fue desinfectado se llenaron directamente las 120 macetas y se colocaron en el espacio correspondiente dentro del invernadero, para efectuar la siembra y los tratamientos

Preparación de la Semilla Tubérculo

En el experimento se utilizaron tubérculos de la variedad "Lucero" el cual fue seleccionada de tubérculos sanos y tubérculos infectados con *S. scabies*

Preparación del *Bacillus*

Se preparó en 2 litros. de agua 0.5 kg papa, para obtener caldo de papa y se siembra el *Bacillus* para el incremento de *B. subtilis*. Y así posterior mente se dejó reposar para que estuviera listo para su aplicación

Siembra de Papa

Esta se realizó el 11 de abril del 2014 en el invernadero, colocando un tubérculo en cada maceta. Los tubérculos sembrados fueron de tamaño uniforme de aproximadamente 5 cm de diámetro, con 2 o 3 brotes.

Aplicación de Tratamientos

La aplicación de *Bacillus* fue directamente en la siembra con una dosis uniforme de 5 ml por maceta. A una concentración de 1×10^6 UFC/ml La cual solo 2 tratamientos utilizaron *Bacillus*. Tratamiento 1 y el tratamiento 2 Todos los tratamientos (kasugamicina, ziram, tratamiento comercial) se les aplicó la misma dosis de 5 ml por maceta al momento de la siembra. (Cuadro. 1)

Tratamiento	Dosis/maceta
(T1) <i>Bacillus subtilis</i>	5 ml
(T2) <i>Bacillus</i> mas nutrición	5 ml
(T3) Ziram	5 ml
(T4) Kasugamicina	5 ml
(T5) Testigo comercial (Pencycuron, BTN, Mancozeb, Tiabendazol, Azoxtribin)	5 ml
(T6) Testigo absoluto	5 ml

Cuadro 2. Tratamientos usados en el control de *S. scabies* en papa en 2014 en la UAAAN.

Manejo del cultivo

A los 60 días después de la siembra se realiza una aplicación de plaguicidas para el control de araña roja, mosquita blanca y tizón tardío. (Cuadro 2.)

Producto	Plaga	Dosis
Imidacropid (Imidacron)	Mosquita blanca	1 ml/3.5 lt agua
Abamectina (Rotamik)	Araña roja	1.5 ml/3.5 lt agua
Tiabendazol (Tecto 60)	Tizón tardío	2 gr/3.5 lt agua
Mancozeb (Manzate m-45)	Tizón tardío	1.5/3.5 lt agua
Bionex (Coadyuvante)		4 ml/3.5 lt agua

Cuadro 3. Plaguicidas usados para el control de plagas en el invernadero de la UAAAN en 2014.

Fertilización

La dosis utilizada de N, P, K, usadas como fuente MKP y MAP también se utilizó urea para 3 tratamientos que son lo recomendado comercialmente para el desarrollo del cultivo. (Cuadro 3).

Producto	Dosis/maceta
MKP	0.8 gr
MAP	10 gr
UREA	1.6 gr

Cuadro 4. Dosis comercial de Fertilización de acuerdo a dosis establecidas

Parámetros a Evaluar.

Para medir el efecto de los diferentes tratamientos sobre *S. scabies*, se realizaron 2 evaluaciones en diferentes etapas fenológicas del cultivo, evaluando el porcentaje de daño en hojas y tubérculos de papa. Se muestreó el daño en hojas y después de la cosecha, se lavaron los tubérculos para dejarlos limpios y observar el daño.

Incidencia: Se contabilizó el número de tallos y hojas sanas y el número de tallos y hojas enfermas. La incidencia se consideró como la proporción de hojas enfermas expresada en por ciento.

Severidad: La severidad de la enfermedad fue expresada de acuerdo a la escala propuesta por James 1971 (Figura. 7)

De igual manera se estimó el daño en hojas, como también número de tallos, altura de tallos y daño en tubérculos.

Diseño Experimental

Dado que el experimento se llevó a cabo bajo condiciones controladas, se utilizó un diseño experimental completamente al azar considerando 6 tratamientos y 5 repeticiones. Utilizando el programa estadístico de la UANL del Dr. Olivares

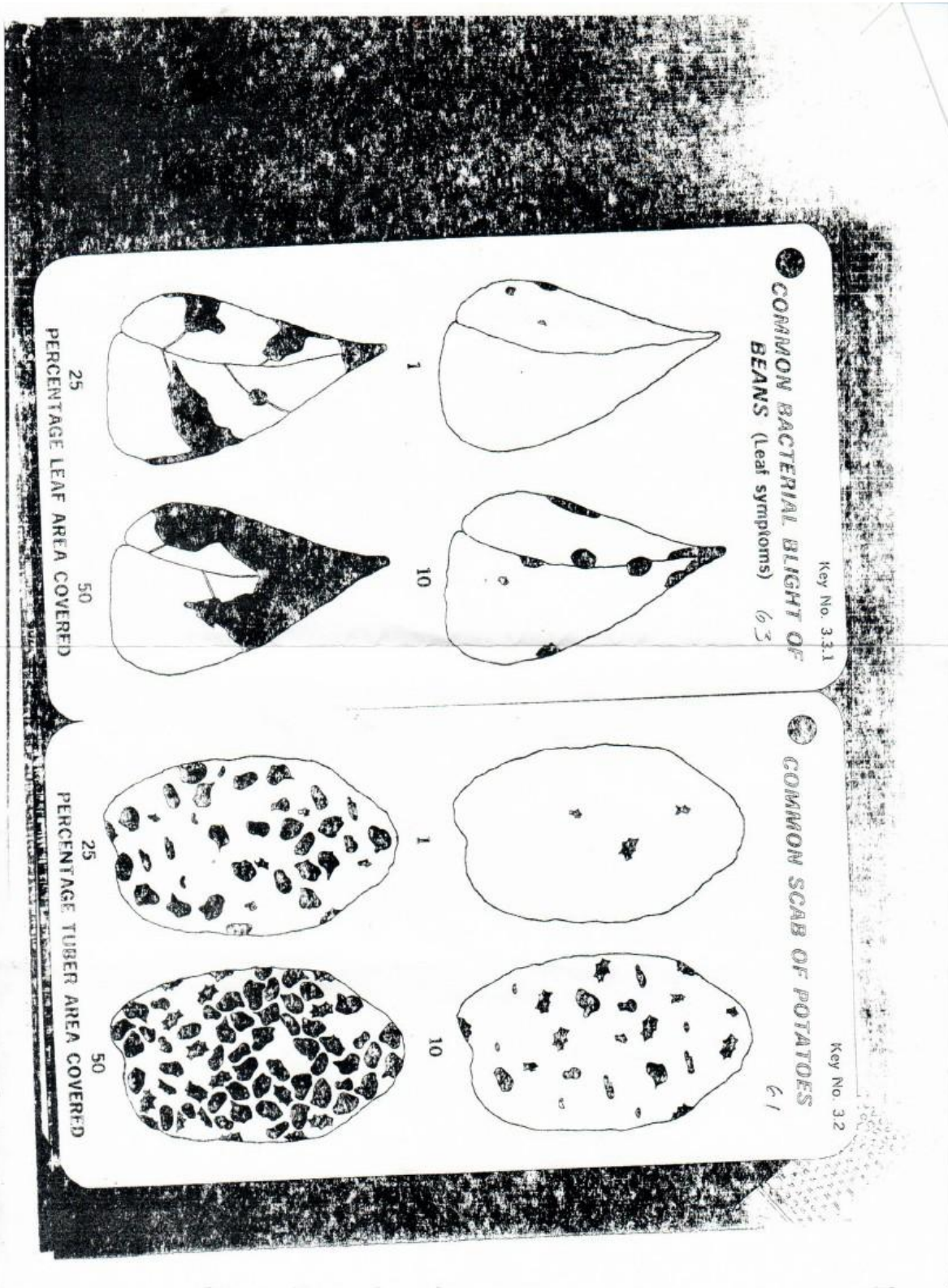


Figura 7. Escala de severidad de *S. scabies* e tubérculos de papa (James 1971)

RESULTADOS

Efecto de *Bacillus subtilis* en el Crecimiento y Desarrollo de Papa

Número de tallos

El análisis de varianza no detectó diferencia significativa el nivel de $P \leq 0.05$, sin embargo en el tratamiento donde se aplicó *Bacillus subtilis* T1 se obtuvo el mayor número de tallos obteniendo 29 en comparación con el testigo absoluto T6 con 23 Figura 8, esto demuestra un aumento de 26.08% en relación al testigo

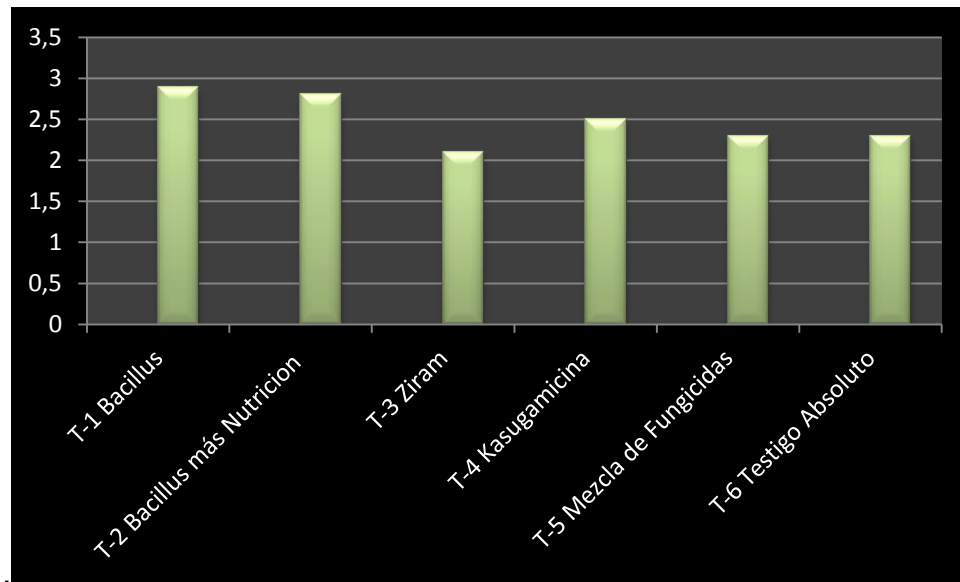


Figura 8. Número de tallos en el cultivo de papa en la UAAAN. 2014

El tratamiento con Ziram presentó el menor número de tallos

Altura de planta

La altura de tallos. se estimó el daño en porciento como se mencionan a continuación., El porcentaje de altura de tallos a los 60 días mostró que en el tratamiento 6 obtuvo poco desarrollo con un 27 % en comparación al tratamiento 3 y 4, que presentaron algo de similitud entre crecimiento ya que el tratamiento 3 desarrollo un 32 % y el tratamiento 4 fue un crecimiento de 33 % mientras el tratamiento 1 obtuvo un 37 % el tratamiento 2 presentó un 47 % mientras el tratamiento 5 fue el que presentó mejor crecimiento de tallos con un 62 % como se puede mostrar en la Figura 9.

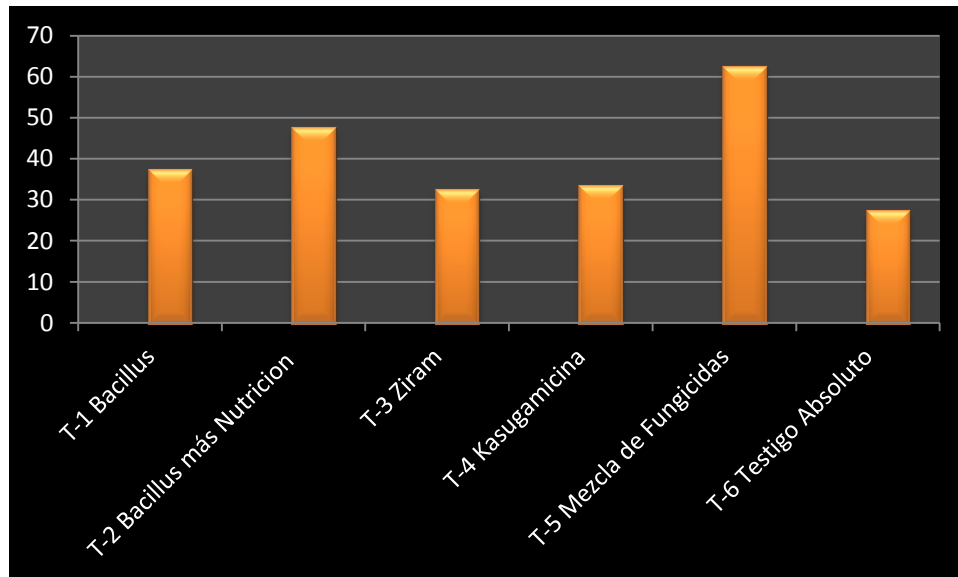


Figura 9. Altura promedio en tallos de papa obtenidos en la UAAAN 2014.

Daño en hojas

El daño de hojas se estimó en porcentaje como se mencionan a continuación. El porcentaje de daño en hojas a los 60 días de siembra fue el siguiente, tratamiento 6, mostro un daño de un 32 % en comparación al tratamiento 4, que obtuvo un 16 % de daño siendo estos los que más daño mostraron mientras el tratamiento 3 se observó un daño de un 13 % los que presentaron similitud entre sí fueron los tratamientos 2 y 5, con un daño promedio del 7 % y el que obtuvo menos daño de todos los tratamientos fue el tratamiento 1 con un daño promedio de un 2.2 % como se muestra en la figura 10.

Tratamiento	Incidencia	Severidad
<i>Bacillus</i>	5 %	2.2 %
<i>Bacillus</i> mas Nutrición	4 %	7.1 %
ziram	7 %	13 %
Kasugamicina	6 %	16 %
Mezcla de fungicidas	6 %	7 %
Testigo	14 %	32 %

Cuadro 5. Porcentaje de daño de *S. scabies* en hojas de papa por tratamiento.

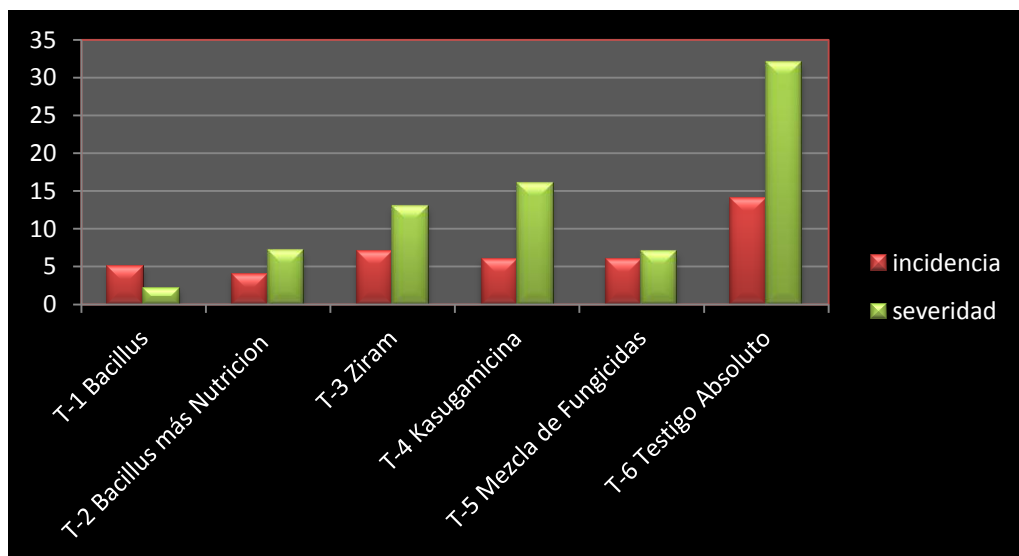


Figura 10. Incidencia mostrada de *S. scabies* en hojas de papa a los 60 días.

Daño en tubérculos

El daño en tubérculos se muestra en el cuadro 5 posteriormente se comparó en porciento, como se muestran a continuación. El daño de tubérculos fue analizado de acuerdo a la escala de severidad James 1971 mencionada anteriormente, (Figura. 7) se deduce que los tubérculos infectados presentan severidad de la clase 1 en tubérculos siendo que el tratamiento 3 presentó mayor daño por *S. scabies* con un 33 % de tubérculos infectados, mientras que los tratamientos 2 obtuvieron un daño del 17 % en tubérculos dañados en comparación al tratamiento 6 que mostró algo de similitud con un 16 % de daño, siendo que el tratamiento 4 desarrollo un daño del 15 % en daño mientras que el tratamiento 5 presento un daño del 13 % el tratamiento 1 fue el que menor daño presento con tan solo un 10 % de daño en tubérculos causados por *S. scabies*.

Tratamiento	Incidencia	Severidad
<i>Bacillus</i>	10 %	1%
<i>Bacillus</i> mas Nutrición	17 %	1%
Ziram	33%	1 %
Kasugamicina	15 %	1%
Mezcla de Fungicidas	13 %	1%
Testigo	16 %	1 %

Cuadro 6. Porciento de daño de la sarna común en tubérculos de papa UAAAN 2014

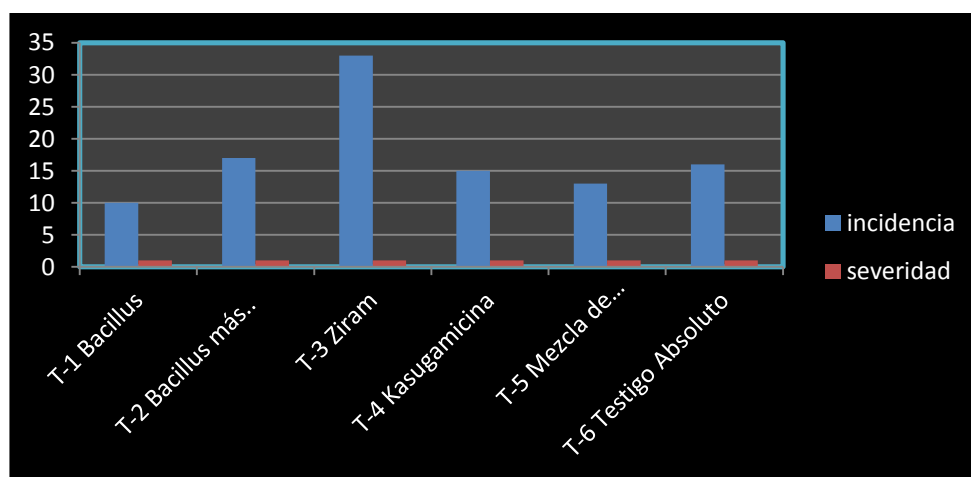


Figura 11. Daño en tubérculos de papa causados por *S. scabies*. UAAAN 2014

DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten los resultados de este trabajo donde se evaluó, la efectividad de *B. subtilis* donde se utilizó papa semilla con 10% de daño por *S. scabies*, en la incidencia de este en tubérculos cosechados y se comparó con la semilla sana.

Los resultado obtenidos en las pruebas de antagonismo de *B. subtilis* contra *Streptomyces*spp., mostraron un efecto positivo inhibiendo el desarrollo del fitopatógeno, esto concuerda con trabajos anteriores donde una cepa de *Bacillus* spp., logro inhibir el crecimiento de *Streptomyces scabies* mostrando un halo de inhibición de 22 mm, el mejor resultado se obtuvo con un pH de 6-7 (Han *et al.* 2004).

En la evaluación se consideraron las siguientes variables: emergencia a los 60 días, número de tallos por planta, rendimiento comercial, incidencia de *S. scabies* de acuerdo a la escala adaptada del “Manual of PlantGrowthStageDiseasesAssessmentKeys” (ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1976), número de tubérculos infectados, finalmente se evaluó la presencia de sarna común.

*Streptomyces*spp., afecta a los tubérculos, y esto se lleva hasta cosecha, solo allí se pueden observar los daños, aun así en nuestros resultados con respecto al número de tubérculos cosechados tuvo una tendencia positiva con el tratamiento 2 el cual consistió en la aplicación de *B. subtilis* como control. Sin embargo en las pruebas de *B. subtilis* mostró un efecto positivo contra *Streptomyces*spp., con respecto a nuestros resultados Han *et al.* 2005 ellos obtuvieron resultados positivos en relación al porcentaje de infección disminuyendo en un 65% en el tratamiento donde aplicaron *Bacillus subtilis*.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones experimentales en las que se desarrolló este trabajo, se concluye lo siguiente:

Ninguno de los tratamientos presento efectos de fitotoxicidad en las plantas de papa.

El tratamiento 1, de *B. subtilis* manifestó la mejor protección contra el daño, por la bacteria (10 % de incidencia 1 % de severidad) *S. scabies*, durante todo el ciclo fenológico del cultivo de papa.

El tratamiento 3 con su respectiva dosis, presento una menor eficiencia en el control de *S. scabies*. (33 % de incidencia, 1 % de severidad)

Los tratamientos 2, 4 y 5 a las dosis utilizadas, para el control de *S. scabies* en el cultivo de papa, no mostraron efecto significativo contra la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

Agrios G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition, Elsevier Academic. Press, London, UK. Allourent D, Willocquet L, Sartorato A, Saravy S. 922p

Bignell D.R., J.C. Huguet-Tapia, M.V. Joshi, G.S. Pettis and R. Loria. 2010. What does it take to be a plant pathogen: genomic insights from *Streptomyces* species. *Antonie van Leeuwenhoek* DOI 10.1007/s010-9429-1

Calderoni, A. 1978. Enfermedades de la papa y su control. (Argentina) . Hemisferio Sur. 141p

Cancino L.S. 2003. Evaluación del daño causado por *Streptomyces scabies* (Thaxter) sobre tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. Hawkes.) Durante el almacenaje. Tesis de grado Universidad Austral de Chile

Carling, D.E., Leiner, R.H., and Westphale, P.C. 1989. Symptoms, signs, and yield reduction associated with Rhizoctonia disease of potato reduced by tuberborne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3. *Am. Potato J.* 66: 693–701.

Cepeda, S.M. 2003. La papa, el fruto de la tierra. Editorial Trillas, Primera Edición. México. Pp.15

Centro internacional de la papa (CIP). 1998. La papa en cifras: Producción, Uso, Consumo, Comercialización. <www.cipotato.org/market/Potatofacts/papapdf/papaprod.pdf >. (26 jun.2002).

Centro de Estudios Agropecuarios (CEA). 2002. Cultivo de la papa: Grupo Editorial Iberoamérica, 2002 México D: F. 81p.

Contreras, A. 1991. El cultivo de la papa. Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. 33p.

Cuervo, J. (2010). Aislamiento y caracterización de *Bacillus* spp. Como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia

Cullen D.W. and A.K. Less. 2006. Detection of the nec1 virulence gene and its correlation with pathogenicity in *Streptomyces* species on potato tubers and in soil using conventional and real time PCR. *J. Appl. Microbiol.* 102:1082-104

Doering-Saad C., P. Kampfer, S. Manulis, G. Kritzman, J Schneider, J. Zakrzewska-Czerwinska, H. Schrempf and I. Brash. 1992

Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. Appl. Environ. Microbiol. 58:3932-3940

FAO, 2008. "La papa: Tesoro enterrado, ¿por qué la papa?", Revista mensual, claridades agropecuarias, No. 174.

Ferreira, J.H.S., Matthee, F.N. and Thomas, A.C. 1991 Biological control of *Eutypa lata* on grapevine by an antagonistic strain of *Bacillus subtilis* phytopathology 81:283-287 93

Flores-González, R., I. Velasco, y F. Montes. 2008. Detection and characterization of *Streptomyces* causing potato common scab in Western Europe. Plant Pathology. 57; 162-169p

Frank, J. and Leach., 1980. *Rhizoctonia* ssp. *coarctata*. In: Hooker, W.J. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa. Lima, pp: 73-75

Fravel, R.D. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant diseases. Ann. Rev. Phytopathology 26:75-91

Gouws R. 2006. Etiology and integrated control of common scab on seed potatoes in South Africa. Master's Thesis. University of Pretoria, South Africa. .

Han, J.H. Cheng, T.M. Yoon, J. Song, A. Rajkarnikar, W.G. Kim, I.D. Yoo, Y.Y. Yang and J.W. Suh., 2005. Biological control agent of common scab disease by antagonistic strain *Bacillus* sp. Sunhua. Journal of Applied Microbiology 99, 213-221.

Harrison, M.D., Johnson, G., and Barmington, R.D. 1970. Comparison of two methods of PCNB application for control of *Rhizoctonia* infection of potatoes. Am. Potato. 47:386-393.

Hiltunen, A. Weckman, A. Ylhäinen, H. Rita, E. Richter and J. P. T. Valkonen., 2005. Responses of Potato Cultivars to the Common Scab Pathogens, *Streptomyces scabies* and *S. turgidiscabies*. Annals of Applied Biology. Vol. 146. pp. 395-403.

Hooker, W. 1981. Compendium of potato diseases. Minnesota. United States of America. APS Press, St Paul. 125p

James, W.C. 1971. An illustrated series of assessment Key for plant diseases: their preparation and usage. Canada. Pl. Dis. Survey 51:39-65

James, W.C., and McKenzie, A.R. 1972. The effect of tuberborne sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kuhn on the potato crop. *Am. Potato J.* 49: 296–301.

Johnston, H.W. 1995. Efficacy of potato seed piece fungicide treatments for control of tuber diseases, 1995. *Agric. Agri-Food Can. 1995 Pest Manage. Res. Rep. No.* 130.pp.84–86.

Kunst, F, Ogasawara, A, Danchin, A. The project of sequencing the entire *Bacillus subtilis* genome. *Microbiology.* 1997. 141 (Pt 2):249-55

Kobayashi, N. 1991. Biological control and integrated control of cabbage yellows. *Review of Plant Pathology* 1992:071-04177

Lazareto, Teng. pseudoepidemic caused by *Bacillus cereus* traced to contaminated ethyl alcohol from a liquor factory. *Microbiol.* 1994; 37:2280-4.

Lambert D.H. and R. Loria. 1989. *Streptomyces acidiscabies* sp. Nov. *Int J. Syst. Bacteriol.* 39:393-96

Loria, R; Braghida, B. y FRY, B. 1997. Plant pathogenicity in the genus *streptomyces*. *Plant disease.* 81 (8): 836 – 846.

Loria R., J. Kers and M. Joshi. 2006. Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 44:469-487.

Loria, R. (s/f). *Vegetablemdoline. Potato scab.* <vegetablemdonline. Cornell edu/fact sheers/Potato_scab.html> (15. Sep. 2002).

Loria, R. 1991. *Vegetable Crops: Potatoscab.* Cooperative Extension, New York State, Cornell University. Fact Sheet Page 725.8.

Montes de Oca, F. 2005. “Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad”. PNRTINIAP-Proyecto Fortipapa. Quito. Ecuador. 40 p

Nakamura LK, MS Roberts, FM Cohan 1999. Relationship of *Bacillus subtilis* clades associated with strains 168 and W23: a proposal for *Bacillus subtilis* sub sp. *subtilis* sub sp. Nov. and *Bacillus subtilis* sub sp. *spizizenii* sub sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 1211-1215.

Naranjo; H. Mastrocola, N. y Pumisacho, M. 2002. *Poscosecha en: El cultivo de papa en Ecuador* Pumisacho, M. y Sherwood. S. (Eds) Quito. INIAP, CIP. (pp 171-187)

- Okayama, K., Kobatake H., Kodama, T. 1991. Selection and effect of antagonistics on Fusarium wilt of strawberries. Review of plantpathology 1992: 013-01403
- Oyarzun, P., Chamorro, F., Córdova, 2002. Manejo Agronómico. In: El cultivo de la papa en ecuador Pumisacho, M, y Sherwood S. (Eds). Quito. INIAP, CIP. pp 51-82.
- Powelson, M.L., Johnson, K.B., and Rowe, R.C. 1993. Management of diseases caused by soilborne plant pathogens. *In* Potato health management. *Edited by* R.C. Rowe. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minn. pp.149–158.
- Powelson, D.K., C.P. Gerba. 1993. Transport and Removal in wastewater During Aquifer Recharge. *Wat. Res.*, 27:583-590
- Pumisacho. M; Velásquez. S. “El Cultivo de la Papa en el Ecuador”. INIAP-CIP. Segunda edición. Quito – Ecuador. 2009. Pp. 85 – 93
- Román Cortés, M., Hurtado, G. (2002). Guía técnica del cultivo de La Papa. Salvador.
- ReynosoM, M. RamírezM.L. Torres,A. M. Chulze, S.N (2011) Trichothecene genotypes and chemotypes in *Fusariumgraminearum*strains isolated from wheat in Argentina.*Int J FoedMicrobiol* 145:444-448
- Rytter, J.L., Lukezic, F.L., Craing, R. and Moorman, G.W. 1989. Biological control of geranium rust by *Bacillus subtilis*.*Phytopathology*. 79:367-370
- Sharga, B. 1998.*Bacillus subtilis* BS107 as an antagonist of potato blackleg and soft rot bacteria.*Canadian Journal of Microbiology*. 44(8)777-783.
- Sallé, A. 1968. Asociaciones de bacterias En Bacteriología. / AJ Salle. Editorial Revolucionaria. La Habana. 1968: 492-509
- Sanford, G.B.1937. Studieson *Rhizoctoniasolani* Kuhn. II. Effect on yield and disease of planting potato sets infested withsclerotia. *Sci. Agric*. 17: 601–611.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) 1994. Sistema Producto Papa. 85 p.
- Sensu Chase & J. Reveal (2009) "A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III".*Botanical Journal of the Linnean Society* **161**: 122–127
- Shirling E.B. and D. Gottlieb. 1966. Methods for characterization of *Streptomyces* spp. *Int. J. Syst. Bacteriol*. 16:313-340

SIAP-SAGARPA.,2014. La papa. Consultado el 22 de Enero de 2015 en su sitio internet:http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=427.

Sims, B., Zambrano, J. Orbe, G. 1979. Cosecha sus papas en menos tiempo y con menor daño. Quito. INIAP. 8 p. Boletín divulgativo 113

Slepecky RA, HE Hemphill 1992. The Genus *Bacillus*—Nonmedical Cap. Pag. En The Prokaryotes 2a. Edición. Ed. Dworkin M, Schleifer KH y Stackebrandt, Springer Verlag, New York, EUA.

Smith, M. DUNEZ, J. Lelliott, R. Phillips, D y Archer, S. 1992. Manual de enfermedades de la plantas. Madrid (España). Mundi- prensa. 671pp.

Snowdon, A. 1991. Disease & Disorders of Fruit & Vegetables. Aylesbury (England). Wolfe Scientific. 415pp.

Sola, M. 1979. Selección y almacenamiento de semillas de papa. Memorias del I Curso Internacional sobre producción de semillas de papa. Quito, Ecuador, 16 al 27 de Octubre de 1979. pp154-167. 199 pp.

Sola, M 1968. Selección y almacenamiento de semillas de papa. Memorias del IV Curso sobre Tecnología del Cultivo y Manejo de semilla de Papa. Quito, Ecuador, 15 al 7 de Enero de 1968. pp. 181 pp.

Stevenson, W., James, R. 2000. Evaluation of potato cultivars and breeding selection to identify resistance to common scab. <www.commonscab.org/Cultivaresresistance/2002.html> (14. Agosto. 2002).

Srivastava, Mishra, .2004. Common scab of potato in India: varietal screening and disease management. Department of Mycology and Plant Pathology, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University, Varanasi-221005, India. IPSS:2004

Torres, J. (2001): Patología Plant Pathology. Mundial-Prensa, Madrid. Concepts and Laboratory Exercises.

Truper, H.G. and L. De Clari. 1997. Taxonomic note: necessary correction of a specific epithets formed as substantives (nouns) "in apposition". Int. J. Syst. Bacteriol. 47:908-909.

Utkhede, R.S., Smith, E.M. 1991. Biological and chemical treatments for control of *Phytophthora* crown and root rot caused by *Phytophthora cactorum* in a high density apple orchard. Horticulture abstracts 1992:062-07983

Valadez, L. A. 1992. Producción de hortalizas Ed. LIMUSA segunda reimpresión, México D. F. 385 p.

Wanner L.A. 2006. A survey of genetic variation in *Streptomyces* isolates causing potato common scab in the United States. *Phytopathology*. 96:1363-1371

Waterer, D. 2002. Management of common scab of potato using planting and harvest dates. *Canadian Journal of Plant Science*. 82: 185 – 189.

Wilson, C. Pemberton, B. Y Ransom, L. 2001. The effect of irrigation strategies during tuber initiation on marketable yield and development of common scab disease of potato in russet Burbank in Tasmania. *Potato Research*.44: 243 –251

ANEXOS

Anexo 1. Parámetro de número de tallos por planta de papa.

No. plantas	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
1	3	1	4	2	2	2
2	3	2	4	3	2	4
3	4	5	2	3	2	3
4	2	2	1	4	4	3
5	2	5	2	2	3	1
6	5	1	1	3	2	2
7	2	2	2	3	2	2
8	3	2	2	2	2	1
9	3	5	5	2	2	3
10	2	3	1	1	2	2
% en tallos	29	28	21	25	23	23

Anexo 2. Parámetro altura de tallos de plantas DE PAPA con distintos tratamientos

Altura de tallos en cm. por tratamiento						
No. plantas	1	2	3	4	5	6
1	30,33,35	48	37,48,28,26	28,19	70,72	13,4
2	40,35,12	52,50	42,40,43,43	11,12,8	75,70	13,22,26,20
3	18,20,24,27	26,36,34,53,30	46,52	35,39,25	63,60	20,35,57
4	40,45	38,45	48	32,36,33,30	64,72,65,74	18,16,13
5	37,17	58,54,50,54,52	60,51	35,57	78,70,67	30
6	24,36,30,46,45,28	50	54	58,52,30	64,71	49,45
7	58,57	50,46	48,57	50,47,49	58,50	41,46
8	50,46,44	53,50	28,6	54,42	80,58	26
9	41,35,43	38,48,42,44,44	42,40,44,43,42	43,43	57,53	42,47
10	41,35	33,44,37	20	43	56,55	46,45
% de altura	37	47	32	33	62	27

Anexo 3. Parámetro de incidencia en hojas por planta de papa.

Daño en hojas por planta de cada tratamiento						
No.plantas	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	3	5
2	5	5	1	0	5	0
3	0	0	1	0	5	5
4	1	0	1	1	7	0
5	0	5	0	5	5	5
6	0	10	0	0	5	1
7	5	1	1	5	10	1
8	1	50	0	0	15	5
9	5	0	1	0	5	1
10	5	0	1	5	10	10
% de Daño	2.2	7.1	7	16	7	33

Anexo 4. Parámetro de severidad en tubérculos de papa por *S. scabies*

Daño en tubérculos por tratamiento			
tratamientos	No. De tubérculos	Dañadas por <i>Streptomyces scabies</i>	
1	69	7 tubérculos	10 %
2	29	5 tubérculos	17 %
3	9	3 tuberculos	33%
4	13	3 tubérculos	15 %
5	15	2 tubérculos	13 %
6	43	8 tubérculos	16 %

Numero de tallos

ANALISIS DE VARIANZA

FVGL	SC	CM	F	P>F		
TRATAMIENTOS	5	3.283356	0.656671	0.3065	0.907	
ERROR	54	115.699982	2.142592			
TOTAL	59	118.983337				

C.V. = 54.55 %

No se hace comparación de medidas porque no hay diferencia significativa entre tratamientos

Numero de tallos

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
TRATAMIENTOS		5	3.283356	0.656671	0.3065	0.907
ERROR		54	115.699982	2.142592		
TOTAL		59	118.983337			

C.V. = 54.55 %

No se hace comparación de medidas porque no hay diferencia significativa entre tratamientos

Altura de plantas

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	7259.593750	1451.918701	12.7560	0.000
ERROR	54	6146.406250	113.822334		
TOTAL	59	13406.000000			

C.V. = 23.19 %

Daño en hojas

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	121.483337	24.296667	3.6294	0.007
ERROR	54	361.500000	6.694445		
TOTAL	59	482.983337			

C.V. = 96.42 %

Daño en tubérculos

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	328.666748	65.733353	0.6765	0.659
ERROR	6	583.000000	97.166664		
TOTAL	11	911.666748			

C.V. = 71.26 %

No se hace comparación de medidas porque no hay diferencia significativa entre tratamientos