



Identificación y manejo



de la roña común de la papa en el Norte de Sinaloa

Participantes:

¹**Francisco Javier Orduño-Cota.**-Gerente general.

¹ y ²**Rubén Félix-Gastélum.**-Asesor del laboratorio de diagnóstico fitosanitario y profesor investigador de la Universidad de Occidente.

¹**Carlos Alberto Gálvez-Figueroa.**-Responsable del laboratorio de diagnóstico fitosanitario.

¹**Gabriel Herrera-Rodríguez.**-Responsable técnico del laboratorio de diagnóstico fitosanitario y responsable del proyecto.

¹ **Miguel Ángel Montiel-García.**-Responsable técnico del laboratorio de diagnóstico fitosanitario.

¹**Marco Antonio Martínez Renaux.**-Coordinador técnico.

¹**Humberto Pacheco Urías.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.1

¹**César Román Espinoza-Navarro.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.2

¹**Francisco Javier Orduño-Espinoza.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.3

¹**Federico Palazuelos-Ungson.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.4

¹**Ismael López-Álvarez.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.5

¹**José Antonio Gastélum-López.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.6

¹**Jesús Enrique López-Verduzco.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.7

¹**José David Escalante-Arredondo.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.8

²**Sara Elodia Armenta-López.**-Estudiante, Universidad de Occidente.

²**Lara Angélica Zamudio-Burgos.**-Estudiante, Universidad de Occidente.

²**Yunuen Rochin-Zepeda.**-Estudiante, Universidad de Occidente.

¹ Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte.- Lázaro Cárdenas Pte. 315, Colonia Centro, CP 81200. Los Mochis, Sinaloa, México,

² Universidad de Occidente, Unidad Los Mochis, Dpto. de Ciencias Biológicas, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n, CP 81223. Los Mochis, Sinaloa, México.

30 de mayo de 2011

RESUMEN	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACION	6
III HIPOTESIS	6
IV. OBJETIVOS	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
V. MATERIALES Y METODOS	8
5.1. Identificación de las especies de <i>Streptomyces</i> presentes en tubérculos-semilla, mediante técnicas convencionales y Microscopía (luz y electrónica de barrido)	8
5.1.1. Métodos convencionales	8
5.1.2. Utilización de microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido como herramientas complementaria en la identificación de la especies de <i>Streptomyces</i> presentes en el suelo	8
5.1.2.1 Microscopía de luz	8
5.1.2.2. Microscopía electrónica de barrido	9
5.2. Determinación de la patogenicidad y virulencia de las especies de <i>Streptomyces</i> , presentes en los tubérculos-semilla, bodegas refrigeradas y suelo, mediante plantas indicadoras	9
5.3. Control químico de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa	9
5.3.1. Sensibilidad <i>in vitro</i> de <i>Streptomyces scabies</i> a fungicidas y antibióticos	9
5.3.2. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y sustancias amigables con el ambiente en el control de roña en tubérculos-semilla de papa, en laboratorio	10
5.3.3. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y en el control de roña en tubérculos-semilla de papa previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas	15
5.4. Fluctuación poblacional de <i>Streptomyces</i> en el interior y patios aledaños a las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa del norte de Sinaloa	16
5.4.1. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en suelo sobre el piso en el interior de	16

seis bodegas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa	
5.4.1. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en suelo sobre el piso en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa	17
5.4.2. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en polvo adherido a las paredes del interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa	17
5.4.3. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en el aire circulante en el interior de bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa	18
5.4.4. Control químico de la roña común en el interior de las bodegas	18
5.4.5. Fluctuación poblacional de <i>Streptomyces</i> spp. en patios aledaños a las bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa	18
5.4.6. Control químico de la roña común en patios aledaños a las bodegas refrigeradas	19
5.5. Niveles poblacionales de <i>Streptomyces</i> spp. en suelos sometidos a diferentes rotaciones de cultivos	19
VI. RESULTADOS	
6.1. Caracterización parcial de especies de <i>Streptomyces</i> asociadas a la roña común de la papa	19
6.2. Pruebas de patogenicidad <i>in vitro</i> de aislamientos de <i>Streptomyces</i> en plántulas de rábano	24
6.3. Control químico de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa	26
6.3.1. Sensibilidad <i>in vitro</i> de <i>Streptomyces scabies</i> a fungicidas y antibióticos	26
6.3.2. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y sustancias amigables con el ambiente en el control de roña común en tubérculos-semilla de papa, en laboratorio	27
6.3.2. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y en el control de roña en tubérculos-semilla de papa previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas	28
6.4. Fluctuación poblacional de <i>Streptomyces</i> en el interior y patios aledaños a las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa del norte de Sinaloa	
6.4.1. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en suelo disperso sobre el piso en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa	
6.4.2. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp. en polvo adherido a las paredes del interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa	
6.4.3. Poblaciones de <i>Streptomyces</i> spp., en el aire a 0.5 m de altura en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa	
6.4.4. Fluctuación poblacional de <i>Streptomyces</i> spp., en los patios de tres	

bodegas refrigeradas para conservación de tubérculos-semillas de papa	
6.5. Niveles poblacionales de <i>Streptomyces</i> spp. en suelos sometidos a diferentes rotaciones de cultivos	
VII. DISCUSIÓN	
VIII. CONCLUSIONES	
IX. LITERATURA CITADA	

RESUMEN.

En el norte de Sinaloa se cultivan de 10,000 a 13,000 hectáreas de papa durante el otoño e invierno. La roña común (*Streptomyces* spp.) ha reducido la producción y calidad del cultivo hasta un 80% en algunos lotes comerciales de la región. Actualmente no existen estudios sustentados en el método científico enfocados hacia la identificación de las especies implicadas en la enfermedad, así como estudios orientados hacia el manejo de la misma.

Mediante la aplicación de pruebas fisiológicas, bioquímicas, microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido, se determinó que *Streptomyces scabies* y *S. acidiscabies* se encuentran asociadas en forma consistente a tubérculos-semilla con síntomas de roña común. Dichos tubérculos se produjeron en el norte de Sinaloa, en otras regiones del país y en Canadá.

Estudios preliminares demostraron que el 100% de los aislamientos de las especies arriba señaladas fueron patogénicas en plántulas de rábano, lo que indica que también lo son en el cultivo de papa.

Se determinó la sensibilidad de *Streptomyces scabies* a fungicidas y antibióticos *in vitro*; también se estudió la efectividad biológica de las mismas moléculas en tubérculos-semilla previo al almacenamiento y/o siembra. En este proceso se encontró que Busan 30 WB (benzothiazole), Manzate (mancoceb), Shogun (fluazinam), Coboxi (Clorhidrato de oxitetraciclina+Oxicloruro de cobre), así como el antibiótico Agry-Gent plus 800 (Sulfato de gentamicina+Clorhidrato de oxitetraciclina), tuvieron un efecto significativo en la disminución de la viabilidad del patógeno cuando se asperjaron durante un minuto en los tubérculos con lesiones de roña común en el laboratorio y su eficacia se validó cuando dichos tratamientos se aplicaron en tubérculos-semilla para cubrir 600 hectáreas en dos ciclos agrícolas.

La parte innovadora del presente estudio se enfocó hacia la determinación de la presencia de inóculo de roña común de la papa en el interior de las bodegas refrigeradas (suelo esparcido en el piso, polvo adherido a las paredes y presencia de inóculo en el aire circulante). También, se determinó la presencia de inóculo de *Streptomyces* spp. en patios aledaños a las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa. Con base en este conocimiento se

desarrollaron medidas para desinfectar las áreas antes referidas; dichas medidas consistieron en la aplicación del desinfectante Pinol (20 litro de pinol en 100 litros de agua), previo al almacenamiento de tubérculos-semilla y riegos semanales de los patios aledaños con el mismo desinfectante. Una vez que se almacena la semilla en las bodegas refrigeradas se instalan sistemas de monitoreo para esporas de *Streptomyces* spp. y cuando los resultados son positivos se nebulizan con mancoceb al 2% para su eliminación.

La rotación de cultivos más eficaz en la disminución de *Streptomyces* spp consistió en la rotación de frijol-sorgo después de papa; esto en comparación con la rotación papa-maíz; ambas rotaciones contrastaron con la siembra de papa en dos ciclos consecutivos, donde las poblaciones de *Streptomyces* fueron significativamente más altas. Durante el mismo estudio se encontró que las poblaciones más altas, independientemente de la rotación de cultivos, ocurrieron durante los meses más cálidos del año, lo que implica que los productores deberían concentrarse en las fechas óptimas de siembra y evitar las siembras en la primera semana de septiembre y segunda quincena de enero.

El presente estudio, es el primero en su enfoque a nivel nacional, pues amalgama diferentes aristas en el manejo de la roña común de la papa y su beneficio se ha constatado en una agrícola del Municipio de Ahome, la cual ha implementado los resultados en una superficie de 600 hétareas en dos ciclos de siembras, sin embargo se deberá hacer esfuerzo para su implementación en una superficie mayor, ya que en el norte de Sinaloa se siembran de 10,000 a 12,000 hétareas de papa. Es importante señalar que los resultados de presente estudio se han presentado en congresos nacionales, así como a productores de papa de diferentes áreas del país quienes han mostrado interés para que el conocimiento que se ha generado en el presente trabajo se aplique en sus respectivas zonas productoras.

A partir del presente estudio se abren nuevas líneas de investigación, tales como: la utilización de organismos antagonistas a roña común en campo, la búsqueda de especies de *Streptomyces* con potencial para producir antibióticos eficaces contra las especies causantes de la enfermedad. De igual forma se deberá continuar con estudios enfocados a la identidad de las especies asociadas a la roña común de la papa, pues esto permitirá diseñar proyectos orientados hacia la búsqueda de variedades resistentes a la enfermedad. También será interesante diseñar proyectos

de investigación para estudiar el efecto de los esquemas de irrigación expresados en potenciales mátricos de agua del suelo y su efecto en la incidencia de la roña común de la papa en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

I. INTRODUCCIÓN.

La papa (*Solanum tuberosum* L.).

El cultivo de la papa recibió su nombre que en voz quechua significa tubérculo, actualmente es conocido con el mismo nombre y menos frecuentemente, como patata (Ochoa, 1999).

La papa es una de las especies más importantes de la familia *Solanaceae*, tuvo su origen en la cordillera andina de América del Sur, donde evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, lo cual dio pie para la diversificación de la especie. La papa llegó a Europa en el siglo XVI por dos vías: una por España hacia 1570, y la otra por las Islas Británicas en 1588 y 1593, desde donde se expandió por todo el continente y de ahí a Asia y África (Ochoa, 1999).

La papa es una planta herbácea provista de un sistema subterráneo de naturaleza rizomatosa, del cual se originan los tubérculos, que son los órganos comestibles. Alrededor de todo el tubérculo e inmediatamente debajo de la piel se encuentra un anillo vascular, que se extiende en toda la superficie interna del tubérculo y conecta, junto con el área medular, a todas las yemas y cuando éstas brotan da lugar a la proliferación a los agentes sistémicos que se encuentran en el tubérculo madre. Los tallos se originan en la yema del tubérculo, son de color verde pardo debido a pigmentos antociánicos asociados con la clorofila; sus hojas son alternas y compuestas; las inflorescencias están situadas en la extremidad del tallo; el fruto en forma de baya, redondeada y color verde de 1 a 3cm de diámetro, se torna amarillo al madurar (Ochoa, 1999).

Importancia económica del cultivo.

La papa es una hortaliza cultivada en todo el mundo y ha llegado a ser una alimentación básica y su importancia se refleja no solamente por la superficie que anualmente se destina a su cultivo, sino también por la cantidad de carbohidratos que aporta a la dieta cotidiana, además ocupa el segundo lugar, después de la soya, en la producción de proteína por unidad de superficie. Gran parte de su producción es destinada al abasto de consumo fresco, y el resto es empleado por la industria papera de frituras y botanas, además como materia prima en la obtención de almidón y alcohol (FAO, 2005).

Desde principios de la década de los sesenta, el área cultivada en los países en desarrollo ha incrementado su porcentaje, principalmente en la papa. Actualmente la producción mundial anual es de 322 millones de toneladas, cultivadas en 19 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 16.4 ton/ha. El 60 por ciento de la producción mundial se concentra en los siguientes países: China, Rusia, Polonia, Estados Unidos, India y Ucrania (FAO, 2008).

En México se siembran alrededor de 60,250 hectáreas y se producen 1.6 millones de toneladas, con un rendimiento de 27.7 ton/ha, lo que permite satisfacer las demandas del consumo interno y situar a México como el trigésimo productor a nivel mundial (FAO 2008). En el país, la papa como cultivo ocupa el cuarto lugar en importancia, superado por los básicos (maíz, frijol, arroz y trigo); entre las hortalizas, solo los cultivos de tomate y chile verde ocupan una mayor superficie, en cuanto a producción el cultivo de la papa solo es superado por el del tomate (SIAP-SAGARPA, 2009).

De la producción total nacional, cerca del 73% se destina al consumo fresco, el 10% para uso industrial (frituras, botanas, etc.) y el restante (17%) es utilizado como semilla para la siembra en los próximos ciclos, el consumo per cápita nacional es de 16.5kg (Info Rural, 2007).

El norte del estado de Sinaloa es el principal productor de papa en México, con una producción de 313 mil 534 toneladas en una superficie de 10.000 a 12,000 hectáreas, con una derrama económica de \$515 millones de dólares (CONPAPA, 2010).

Plagas y enfermedades

La papa es uno de los cultivos más afectados por plagas y enfermedades, pero también es la especie más estudiada hasta el momento en relación con la etiología, epidemiología y control de enfermedades que limitan su producción. A pesar de esto, nuevos agentes de enfermedades aparecen y la lucha contra ellos se ha convertido en un esfuerzo continuo (Salazar, 1997).

La patología de la papa incluye enfermedades provocadas por hongos, bacterias, virus, nematodos y otros organismos; la enfermedad fungosa más importante del cultivo de la papa en el mundo es el tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, (Félix Gastélum, *et al* 2002; Zúñiga-López, 2001).

Dentro de las plagas que restringen la producción de este cultivo destaca, en especial, el pulgón saltador, psílido de la papa, o salerillo (*Bractericera cockerelli*) (Burckhardt y Lauterer, 1997; Miller *et al.*, 2000), el cual se ha asociado como vector de fitoplasmas (Garzón-Tiznado, 2002); así como el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Say) y la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Gelechiidae), que afectan la calidad comercial de los tubérculos.

En relación a los virus se han consignado más de 35 agentes de este tipo como patógenos en papa; dentro de los más devastadores se encuentran; el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV), el virus S de la papa (PVS); el virus M de la papa (PVM) y el virus Y de la papa (PVY) (Ochoa, 1999).

Así mismo, se ha registrado la presencia de los nemátodos *Globodera* sp. y *Meloidogyne* spp (Salazar, 1997).

Algunas bacteriosis de importancia económica son: la marchitez bacteriana o pudrición parda causada por *Ralstonia solanacearum* (Smith) (Yabuuchi *et al* 1995), considerada como una de las más importante en el cultivo. Otras enfermedades que impactan la producción son: la pierna negra causada por *Erwinia carotorova* var. *carotorova* (Jones Dge) y *Erwinia carotorova* var. *atroseptica* Van Hall, Dyve; y la pudrición anular causada por *Clavibacter michiganenses* subsp. *sepedonicum* (Spieckermann y Koffhoff) (Davis *et al*, 1975)

Mención especial merece la roña común de la papa causada por varias especies del género *Streptomyces* (Doering *et al*; 1992; Faucher *et al*, 1995); en este sentido, se han implicado ha *S. scabies* (Lambert and Loria 1989a). *S. acidiscabies* (Lambert and Loria, 1989b)., *S. turgidiscabies* (Miyajima *et al.*, 1998), *S. reticuliscabiei*, *S. europaeiscabiei*, *S. stelliscabiei*, (Bouчек *et al.*, 2000), etc., como causantes de la enfermedad. En el Valle del Fuerte esta enfermedad ha causado pérdidas considerables en la producción y calidad del cultivo en ciclos agrícolas recientes; sin embargo, a pesar de lo anterior no se han realizado estudios sobre la ecología, epidemiología y manejo de la enfermedad en nuestra región. Por lo anterior, es importante determinar la identidad de las especies patogénicas en papa, su control en tubérculos-semilla, así como la disminución de las poblaciones del patógeno en el interior de bodegas para el almacenamiento para tubérculos-semillas y patio aledaños a

las mismas. También se aborda sobre la fluctuación de las especies de *Streptomyces* en lotes comerciales sometidos a diferentes rotaciones de cultivos.

II. JUSTIFICACIÓN.

La roña de la papa está considerada como una de las principales enfermedades en este cultivo a nivel mundial. Esta enfermedad se ha presentado en niveles epidémicos en diferentes variedades de esta solanácea en el norte de Sinaloa en ciclos agrícolas recientes. Se estima que en el ciclo agrícola 2008-2009 la enfermedad causó pérdidas totales en 300 ha de papa. Otros lotes de siembra en la misma región presentaron daños que variaron de 20 al 30%; estimándose que en el ciclo agrícola señalado las pérdidas ascendieron a 11 millones de pesos. Por lo tanto, se requiere de investigación aplicada que contribuya a la generación de conocimiento sobre el manejo de esta enfermedad. En el presente estudio se aborda lo relativo la identificación y comportamiento de las especies causantes de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa, así como el diseño de medidas para la eliminación del patógeno en tubérculos-semilla, mediante el uso de fungicidas y antibióticos. También, se abordan estudios para disminuir el inóculo en el interior y exterior de bodegas refrigeradas mediante el uso fungicidas y desinfectantes. Adicionalmente, se determinó el efecto de la rotación de cultivos en la dinámica poblacional de las especies de *Streptomyces* en campo. Sin duda, el desarrollo del presente trabajo está plenamente justificado, pues contribuirá al manejo de la enfermedad en el corto plazo.

II. HIPÓTESIS.

La roña común de la papa es causada por más de una especie de *Streptomyces* en Sinaloa

Los aislamientos de *Streptomyces* asociados a la roña común de la papa muestran variación en virulencia al inocularse en plántulas de rábano.

Los aislamientos de *Streptomyces* son sensibles a fungicidas y antibióticos *in vitro* y estos son eficaces en la reducción de la viabilidad de infecciones en tubérculos-semilla de papa.

Especies patógenas de *Streptomyces* en papa contaminan el interior de las bodegas para el almacenamiento de tubérculos-semilla y los patios aledaños de las mismas

La rotación de cultivos tiene efecto en la disminución en las poblaciones de *Streptomyces* spp. y representa una opción en el esquema de manejo integrado de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Identificar el agente causal de la roña común de la papa y recurrir a un enfoque integrado para el manejo de la enfermedad en el Norte de Sinaloa.

4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la identidad y patogenicidad de las especies de *Streptomyces* asociadas a la roña común de la papa.
- Determinar la efectividad biológica de fungicidas y antibióticos *in vitro* contra especies de *Streptomyces*.
- Determinar la efectividad biológica de antibióticos y fungicidas en el control de la roña común en tubérculos-semilla de papa en laboratorio y previo al almacenamiento en bodegas refrigeradas.
- Determinar la fluctuación poblacional de las especies de *Streptomyces* en el interior de las bodegas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.
- Determinar la fluctuación poblacional de las especies de *Streptomyces* en patios aledaños a las bodegas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.
- Determinar la fluctuación poblacional de *Streptomyces* en lotes de comerciales sometidos a rotaciones de cultivos.

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Identificación de las especies de *Streptomyces* presentes en tubérculos-semilla, mediante técnicas convencionales y Microscopía (luz y electrónica de barrido).

5.1.1. Métodos convencionales.

Para la determinación de las características morfológicas de los aislamientos de *Streptomyces* spp. se utilizó los medios de cultivo del Proyecto Internacional de *Streptomyces* (ISP, su abreviatura en inglés): ISP 2 agar extracto de levadura-malta (YME, por sus siglas en inglés) (Pridham *et al.*, 1956-57), ISP 4 agar Sal inorgánica-almidón soluble (ISSA, por sus siglas en inglés) (Küster, 1959), ISP 6 agar Peptona extracto de levadura- hierro (PVI, por sus siglas en inglés) (Tresner and Dagna, 1958) y agar Agua (AA). Los cultivos se incubaron durante 8 a 10 días a temperatura ambiente (19-24°C) y se logró definir el tipo de cadenas formadas por las esporas, el color de las colonias, y la producción de pigmentos de *Streptomyces*.

5.1.2. Utilización de microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido como herramientas complementaria en la identificación de la especies de *Streptomyces* presentes en el suelo.

6.1.2.1 Microscopía de luz. Los aislamientos se incubaron entre 12 a 15 días en el medio selectivo a base de nistatina, polimixina B, Penicilina y ciclohexamida (NPPC). Las cajas de petri conteniendo los cultivos puros de los diferentes aislamientos de *Streptomyces* se destaparon y colocaron bajo el microscopio compuesto y mediante la utilización del objetivo 40X se determinó el tipo de las cadenas de las esporas de los aislamientos; enseguida se tomaron fotografías de las estructuras como parte de la caracterización de los aislamientos.

5.1.2.2. Microscopía electrónica de barrido.

Esta fase del trabajo se llevó a cabo en el departamento de microscopía de la Universidad Autónoma de México (UNAM) en colaboración con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

Fragmentos de colonias de *Streptomyces* spp. de 15 días de edad se fijaron por 48 h en FAA (10% formaldehído; 5% ácido acético; 50% alcohol etílico al 96%; 35% agua). Las

muestras se lavaron con agua corriente por 10 min y posteriormente se deshidrataron en una serie de etanoles graduales (Ruzin, 1999). Seguidamente se desecaron a punto crítico con CO₂ en un desecador (BAL-TEC CPD030); después se montaron en portamuestras de aluminio sobre cinta conductiva de carbón y se cubrieron con una fina capa de oro en una ionizadora (Denton Vacuum Desk II). Finalmente, realizaron las observaciones en el microscopio electrónico de barrido y tomaron las placas fotográficas (JEOL JSM-5310 LV) (Bozzola y Russell, 1999).

5.2. Determinación de la patogenicidad y virulencia de las especies de *Streptomyces*, presentes en los tubérculos-semilla, bodegas refrigeradas y suelo, mediante plantas indicadoras.

Para determinar la patogenicidad de los diferentes aislamientos de *Streptomyces* se utilizó el método de Flores *et al* (2008). Se recurrió al medio de cultivo ISP 2 Agar avena (Oatmeal agar, por sus siglas en inglés) (Küster, 1959). El medio de cultivo se dispersó en un frasco de vidrio de 20 ml y se inocularon con los aislamientos de *Streptomyces*, los cuales se incubaron durante 6 a 8 días a temperatura ambiente (19-24°C). En seguida, sobre el crecimiento bacteriano se sembraron semillas pregerminadas de rábano, las cuales previamente se sumergieron en hipoclorito de sodio al 0.5 % durante 3 min y se lavaron con agua destilada estéril; las siembras se incubaron por 4 días a temperatura ambiente y se midió el hipocotilo de cada una de las plántulas. La patogenicidad y virulencia relativa de los aislamientos se estimó con base a la disminución de la longitud del hipocotilo de las plantas inoculadas con respecto a las plántulas testigos sin inocular. Se recurrió al diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones (4 plántulas por aislamiento) y un testigo sin inocular. Los datos se sometieron a análisis de varianza y separación de medias considerando el procedimiento de Tukey (Little and Hills, 1973).

5.3. Control químico de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa.

5.3.1. Sensibilidad *in vitro* de *Streptomyces scabies* a fungicidas y antibióticos.

En este experimento se probó la sensibilidad de un aislamiento de *Streptomyces scabies*, obtenido de tubérculos-semilla con síntomas de roña común de la papa, y se determinó la efectividad biológica *in vitro* de los siguientes fungicidas: Manzate (mancozeb), Shogun (fluazinam), Busan 30WB (benzothiazole), Captan (captan) y Tecto 60 (tiabendazol).

Las pruebas se llevaron a cabo usando cajas de Petri de 90 mm de diámetro, con 20 ml de agar agua (AA). Dichas cajas se inocularon con 200µl de una suspensión con *Streptomyces* (7×10^6 UFC/ml). Posteriormente, un disco de papel filtro (Whatman No.1) de 20 mm de diámetro impregnado con 70 µl de cada fungicida a la dosis: 0.0, 100, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 5,000, 6,000, 7,000, 8,000, 9,000 y 10,000 ppm se colocó en el centro de cuatro cajas de petri (cuatro repeticiones para cada dosis) previamente inoculadas con *Streptomyces* sp. Las cajas se sellaron con papel parafilm y se incubaron a temperatura ambiente en oscuridad durante 15 días.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la germinación estructuras miceloides y esporas de *Streptomyces* sp., a los 5, 10 y 15 días después del inicio del experimento se promedió el radio del halo de inhibición a partir del borde del papel filtro impregnado con las sustancias de prueba. Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones (cuatro cajas de petri por tratamiento). Los datos, se sometieron a análisis de varianza y la comparación de medias mediante el procedimiento de Tukey (Little y Hills, 1973).

5.3.2. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y sustancias amigables con el ambiente en el control de roña en tubérculos-semilla de papa, en laboratorio.

Se realizaron experimentos de laboratorio para determinar la efectividad biológica de diversas sustancias para el control de la roña común. Los productos probados incluyeron sustancias amigables con el ambiente tales como; Tecnocitric (extracto de semilla de toronja), Q-2000 (yodo libre), Ecocitro (extracto de semilla y pulpa de toronja), Fungibac (extractos vegetales), Superbac M-90 (*Pseudomonas* y actinomicetes), Vanodine (Iodo 219.5 +ácido fosfórico), Oxidate (dióxido de hidrogeno), Cloralex (hipoclorito de sodio), Timorex Gold (aceite de árbol de té); los tratamientos fungicidas sintéticos incluyeron Phyto-Cu (tintura de cobre), Sagol (oleato cúprico). Opera Super (pyraclostrobin + epoxiconazol), Anglosan BR11 (tintura de extractos vegetales + didecil dimetil bromuro de amonio), Fungilid 25 (oxicloruro de cobre), Amistar (azoxystrobin), Ucarsan 420 (glutaraldehído), Pentaclor 600F (pentacloronitrobenceno), Maxim 4FS (fludioxonil), Shogun (fluazinam), y Manzate (mancoceb). Los tratamientos antibióticos incluyeron, Kasumin (kasugamicina), Intermicin 100 (sulfato de estreptomicina + clorhidrato de

oxitetraciclina), Estreptomycin (sulfato de estreptomycin), Gentamicina grado farmacéutico (sulfato de gentamicina), Oxitetraciclina (clorhidrato de oxitetraciclina), clorhidrato de oxitetraciclina + Coboxi (oxicloruro de cobre), y Agry-Gent Plus 800 (Sulfato de gentamicina + clorhidrato de oxitetraciclina). En el cuadro 1 se describen las sustancias de prueba a si como las dosis del producto formulado e ingrediente activo de los diferentes tratamientos.

Cuadro 1. Productos y dosis asperjados sobre tubérculos-semilla de papa para el control de la roña común de la papa.

Producto/ingrediente activo	Dosis del producto formulado	Dosis de ingrediente activo
Tecnocitric: Extracto de semilla de toronja 85%	59 ml/L	5.015 gr/L
	118 ml/L	10.03 gr/L
	177 ml/L	15.045 gr/L
Q-2000: Yodo libre 8.4 gr. de yodo libre/L	10 ml/L	0.042 gr/L
	22 ml/L	0.084 g/L
	55 ml/L	0.126 gr/L
Ecocitro: Extracto de semilla y pulpa de toronja 10gr/L	2.5 ml/L	0.025 gr/L
	5.0 ml/L	0.050 gr/L
	7.5 ml/L	0.075gr/L
Phyto-Cu: Tintura de cobre 25% Tintura de extractos vegetales 75%	5 ml/L	0.125 gr/L 0.375 gr/L
	10 ml/L	0.250 gr/L 0.750 gr/L
	15 ml/L	0.375 gr/L 1.125 gr/L
Fungibac:	10 ml/L	0.310 gr/L
	15 ml/L	0.465 gr/L
	20 ml/L	0.620 gr/L
Superbac M-90: Psuedomonas y Actinomicetes 620 gr de i.a./L	1.25 ml/L	0.775 gr/L
	2.5 ml/L	1.55 gr/L
	3.75 ml/L	2.325 gr/L
Vanodine: Iodo 219.5 gr de i.a. /L + Ácido fosfórico 124.8 gr de i.a. /L	4 ml/L	0.878 gr/L 0.4992 gr /L
	8 ml/L	1.756 gr/L 0.9984 gr/L
	12 ml/L	2.634 gr/L 1.497 gr /L
Oxidate: Dioxido de hidrogeno 27%	10 ml/L	0.270 gr/L
	15 ml/L	0.540 gr/L
	20 ml/L	0.810 gr/L
Cloralex: a 35°C: Hipoclorito de sodio 60 gr de i.a./L	166 ml/L	10 gr/L
	250 ml/L	15 gr/L
	332 ml/L	20 gr/L
Timorex gold:	7 ml/L	0.666 g/L

Aceite de árbol de té 222.5 gr i.a/ L	14 ml/L	1.332 g/L
	21 ml/L	1.998 g/L
Sagol: Oleato cúprico 223gr/L	3.75 ml/L	0.836 gr/L
	7.5 ml/L	1.672 gr/L
	11.25 ml/L	2.508gr/L
Opera Super: Pyraclostrobin 260gr i.a./L+ Epoiconazol 160 gr i.a./L	0.25 ml/L	0.065 gr/L 0.040 gr/L
	0.5 ml/L	0.130 gr/L 0.080 gr/L
	0.75ml/	0.195g/L 0.120gr/L
Anglosan BR II: Didecil dimetil bromuro de amonio 50%	1 ml/L	0.050 gr/L
	2 ml/L	0.100 gr/L
	3 ml/L	0.150 gr/L
Fungilid 25: Oxicloruro de cobre 25 gr de i.a./L	7 ml/L	0.175 gr/L
	14 ml/L	0.350 gr/L
	21 ml/L	0.525 gr/L
Amistar: Azoxystrobin 500 gr de i.a./kg	2 gr/L	1 gr/L
	4 gr/L	2 gr/L
	6 gr/L	3 gr/L
Ucarsan 420: Glutaraldehído 200 ml/L	4 ml/L	0.8 ml/L
	8 ml/L	1.6 ml/L
	12 ml/L	2.4 ml/L
Pentaclor 600F: Quintozeno pentacloronitrobenceno 600 gr de i.a./L	50 ml/L	30 gr/L
	100 ml/L	60 gr/L
	150 ml/L	90 gr/L
Maxim 4 FS: Fludioxonil 0.4793 gr i.a./L 1.81436 gr/3.7854118 L 4 libras/gallon	18.92 ml/ L	0.009 gr/L
	37.84 ml/L	0.018 gr/L
	56.76 ml/L	0.027 gr/L
Shogun: Fluazinam 500 gr de i.a./L	3.3 ml/ L	1.650 gr/L
	6.6. ml/L	3.3 gr/L
	9.9 ml/L	4.95 gr/L
Manzate: Manconceb (Ion zinc y etilen bis ditiocarbamato de manganeso)	92.8 gr/L	69.6 gr/L
	185.6 gr/ L	139.2 gr/L
	278.4 gr/ L	208.8 gr/L
Busan 30WB: Benzothiazole 341 g de i.a./L	3.3 gr/L	1.650 gr/L
	6.6 gr/L	3.3 gr/L
	9.9 gr/L	4.9 gr/L
Kasumin: Kasugamicina 21.86gr de i.a./kg	4 ml/L	0.0874 gr/L
	8 ml/L	0.1748 gr/L
	12 ml/L	0.2622 gr/L
Intermicin 100: (Sulfato de estreptomycin 150 gr de i.a./kg+Clorhidrato de oxitetraciclina 15 gr de i.a./kg.	6 gr/L	0.09 gr/L 0.009 g/L
	12 gr/L	0.18 g/L 0.018 g/L
	18 gr/L	0.24 g/L 0.024 g/L
Estreptomycin:	1.1 ml/L	0.22 gr /L
	2.2 ml/L	0.44 gr /L

Sulfato de Estreptomocina 20gr de i.a./L	3.3 ml/L	0.66 gr /L
Gentamicina: Sulfato de Gentamicina 1.6 gr de i.a./L	25 ml/L	0.4 gr/L
	50 ml/L	0.8 gr/L
	75 ml/L	1.2 gr/L
Oxitetraciclina: Clorhidrato de oxitetraciclina 5 gr de i.a./L	175 ml/L	0.875 gr/L
	350 ml/L	1.75 gr/L
	525 ml/L	2.625 gr/L
Coboxi: Clorhidrato de oxitetraciclina 350 gr de i.a. /kg + Oxiclورو de cobre 265.5 gr de i.a./ kg.	6 gr/L	2.1 gr/L 1.593 gr/L
	12 gr/L	4.2 gr/L 3.186 gr/L
	18 gr/L	6.3 gr/L 4.779 gr/L
Agry-Gent Plus 800: Sulfato de gentamicina 200gr de i.a. /kg +Clorhidrato de Oxitetraciclina 600gr de i.a. /kg.	12 gr/L	0.240 gr/L 7.200 gr/L
	24 gr/L	0.480 gr/L 14.400 gr/L
	36 gr/L	0.720 gr/L 21.600 gr/L

Los productos se asperjaron sobre tubérculos sintomáticos de papa (Var. Fianna, Atlantic, Alfa y Mundial) infectados en forma natural y se utilizaron las dosis baja, media y alta considerando las recomendaciones de los respectivos fabricantes. Previo al tratamiento los tubérculos se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de impurezas sobre su superficie. Los tubérculos con lesiones de 0.1- 0.4 mm de diámetro, se asperjaron durante 1 minuto con las sustancias de prueba hasta observar un leve escurrimiento de las mismas (figura 1), los tubérculos testigo, se asperjaron con agua destilada sin sustancia de prueba. Los tubérculos tratados se incubaron durante 24 horas a temperatura ambiente (19-24°C); enseguida se seleccionaron al azar 100 lesiones causadas por el patógeno y se sembraron en medio de cultivo semiselectivo NPPC (Williams y Davies, 1965). Grupos de 25 lesiones se sembraron en cada caja de petri para completar cuatro de éstas. Se recurrió al diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones (cuatro cajas de petri con 25 lesiones causadas por *Streptomyces* y previamente tratadas con las moléculas de prueba).



Figura 1. Aplicación de sustancias de prueba en laboratorio para el control de la roña común de la papa en tubérculos-semilla.

Para determinar la efectividad biológica de los tratamientos, se consideró el porcentaje de lesiones a partir de las cuales se desarrolló el patógeno en estudio, recurriéndose a los siguientes índices de daño: 0 = Lesiones sin crecimiento de *Streptomyces* spp, 1 = 1 a 10% de las lesiones con crecimiento de *Streptomyces* spp., 2 = 11 a 20% de las lesiones con crecimiento de *Streptomyces* spp., 3 = 21 a 40% de las lesiones con crecimiento de *Streptomyces* spp., 4 = 41 a 59% de las lesiones con crecimiento de *Streptomyces* spp y 5 = 60% o más de las lesiones con crecimiento de *Streptomyces* spp. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala visual para evaluar el nivel de lesiones activas con *Streptomyces* spp en tubérculos-semilla de papa tratados con diferentes fungicidas, antibióticos y sustancias amigables con el ambiente.

Categoría	Descripción
0	Lesiones sin crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp
1	1 a 10% de las lesiones con crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp.

2	11 a 20% de las lesiones con crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp.
3	21 a 40% de las lesiones con crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp.
4	41 a 59% de las lesiones con crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp.
5	60% o más de las lesiones con crecimiento de <i>Streptomyces</i> spp.

5.3.3. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y en el control de roña en tubérculos-semilla de papa previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas.

Con base en los resultados en los estudios de efectividad biológica de moléculas *in vitro* y en tubérculos-semillas a nivel laboratorio, se procedió a la utilización de las siguientes dosis y productos: 1200 gr. de Agry-Gent, 25 litros de mancoceb flowable, 750 cc. de shogun y 250 cc. de penetrator, todos ellos se les agregó agua hasta completar un volumen de 200 litros (para 10 ton de tubérculos-semilla). Esta mezcla se asperjó durante un minuto a tubérculos-semilla previo a su almacenamiento. En virtud que los tubérculos se desplazaban a través de rodillos de la banda por el periodo antes señalado, su superficie quedo totalmente impregnada por las moléculas de prueba (figura 2). Los tubérculos-semilla tratados se colocaron en arpillas y se airearon durante 12 horas para almacenarse a 4 °C previo a la siembra. En el ciclo agrícola 2009-2010 se trataron tubérculos-semillas suficiente para tratar 600 ha en el Municipio de Ahome.

La incidencia y severidad de la roña común de la papa se determinó al momento de la cosecha en 4 lotes comerciales que sumaron un total de 325 hectáreas y, cuyos tubérculos-semilla recibieron tratamiento de fungicidas más antibióticos previo a la siembra. Como testigo sin aplicación se consideraron 13 lotes que totalizaron 813.5 hectáreas y que no recibieron dicho tratamiento.



Figura 2. Sistema de aplicación de fungicidas en rodillos para el control de la roña común de la papa en tubérculos-semilla previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas.

5.4. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* en el interior y patios aledaños a las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa del norte de Sinaloa.

5.4.1. Poblaciones de *Streptomyces* spp. en suelo sobre el piso en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Para la determinación de fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en el suelo acumulado del piso de las bodegas, éste se barrió con una brocha en diferentes puntos y se hizo una muestra compuesta de 5 g, la cual se colocó en una bolsa de polietileno y se trasladó al laboratorio. A partir de este suelo se hicieron diluciones de 10^{-4} en una solución salina (0.8 %), de dicha dilución se realizaron siembras mediante la colocación de 0.2 ml en cajas de petri con medio de cultivo selectivo NPPC (Williams and Davies, 1965) y se incubaron durante 10 a 15 días a temperatura ambiente (19-24°C). Las colonias de

Streptomyces se clasificaron de acuerdo a su morfología y se transfirieron de nuevo al medio NPPC utilizando el método de estría cruzada para su purificación, incubándose los aislamientos como se describen arriba; los aislamientos se preservaron en glicerol al 20% e incubaron a -20°C para usarse en estudios subsiguientes. Para determinar las poblaciones de la bacteria en el suelo, las Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo de cada aislamiento se calculó de la siguiente manera:

$$\text{UFC/gr de suelo} = (N)(5)(D)$$

Donde:

N= Número de colonias por cuantificar

5= Constante

D=Inversa de la dilución donde se cuantificaran las colonias

5.4.2. Poblaciones de *Streptomyces* spp. en polvo adherido a las paredes del interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Diferentes puntos de las paredes en las seis bodegas se barrieron con una brocha de cerdas suaves para obtener submuestras de polvo hasta completar 3 g del mismo. El polvo se colocó en bolsas de polietileno y se trasladaron al laboratorio. Para el aislamiento y determinación de población de *Streptomyces* en el polvo se recurrió al mismo procedimiento que en el punto 6.4.1.

5.4.3. Poblaciones de *Streptomyces* spp. en el aire circulante en el interior de bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Para la determinación de fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en el interior de las bodegas se colocaron tres cajas de petri (9 cm de diámetro) abiertas conteniendo 20 ml de medio de cultivo selectivo NPPC (Williams and Davies, 1965). Tres cajas de petri se colocaron a 0.5 m de altura y permanecieron dentro de las bodegas durante 48hrs; después de dicho periodo se taparon, se sellaron con parafilm y se incubaron en el laboratorio (19-24°C) durante 10 días adicionales, y las colonias de *Streptomyces* se clasificaron, y purificaron al igual que en el punto 5.2.1. Para determinar las poblaciones de la bacteria en el aire se consideró la superficie promedio de las tres cajas petri (63.58 cm²), misma que se extrapoló a 1.0 m².

5.4.4. Control químico de la roña común en el interior de las bodegas.

Al realizar el vaciado de las bodegas refrigeradas; los pisos, paredes y techos de todas las bodegas, se asperjaron con una solución desinfectante de pinol (Alen) (2 litros de pinol/ 10 litros de agua). Dicha solución se aplicó hasta la saturación de los pisos y punto de escurrimiento en techos y paredes de las bodegas.

5.4.5. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en patios aledaños a las bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Para determinar la fluctuación poblacional de las especies de *Streptomyces* presentes en el suelo acumulado en los patios de tres bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla en el predio Santa Rosa del Municipio de Ahome, Se realizaron 11 muestreos con intervalos de 20 días. Cuatro muestras (cinco gramos de suelo por muestra) a tres metros de distancia de la puerta principal de cada una de las bodegas se colectaron en los intervalos antes señalados. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al laboratorio.

En el laboratorio, las muestras fueron procesadas por el método de diluciones seriadas sobre el medio de cultivo NPPC (Nistatina, Penicilina, Polimixina y Cicloheximida) (Williams y Davies, 1965); dicho método, se realizó pesando un gramo de suelo, a partir del cual se realizaron (solución salina estéril 0.8 %) diluciones a 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} con tres replicas por muestra; de cada dilución se tomaron 200 μ l y se sembraron en cajas de petri con el medio de cultivo. Las cajas se incubaron durante 10 a 15 días a temperatura ambiente (19-24°C). Para determinar las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/gr de suelo), se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{UFC/gr de suelo} = (N)(5)(D)$$

Donde:

N= Número de colonias por cuantificar

5= Constante

D=Inversa de la dilución donde se cuantificaran las colonias

5.4.6. Control químico de la roña común en patios aledaños a las bodegas refrigeradas.

Una solución con desinfectante de pinol (Alen) (2 litros de pinol/ 10 litros de agua) se aplicó semanalmente a los patios aledaños de las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de los tubérculos-semilla de papa.

6.5. Niveles poblacionales de *Streptomyces* spp. en suelos sometidos a diferentes rotaciones de cultivos.

Seis lotes comerciales de 20-50 ha en el ejido 2 de Abril del Municipio de El Fuerte, Sinaloa en los que se había sembrado papa en el ciclo agrícola recientes y en los que ocurrió la enfermedad, se sometieron a las rotaciones de cultivo de Maíz, frijol y sorgo. El efecto de las diferentes rotaciones de cultivo se determinó cada 21 días, de agosto 2010-septiembre 2011. Para determinar lo anterior se colectaron 5 submuestras de cada lote a una profundidad de 25 -30 cm; Las muestras se someterán a diluciones en agua destilada estéril 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} y se sembrarán en medio semiselectivo NPPC (Williams y Davies, 1965). Las siembras se incubarán a temperatura de laboratorio (19-24°C) durante 12 días y se cuantificó el número de colonias en el suelo. Los datos sobre las poblaciones se sometieron a análisis de varianza y separación de medias mediante prueba de Tukey (Little y Hills 1973).

VI. RESULTADOS.

6.1. Caracterización parcial de especies de *Streptomyces* asociadas a la roña común de la papa.

El color de las colonias de los aislamientos en el medio de cultivo YME varió de blanco a gris oscuro. Nueve de los aislamientos independientemente de la fuente de origen fueron blancos, dos presentaron un color blanco grisáceo, y otros dos fueron beige, dos de ellos presentaron tonalidad oscura (gris oscuro) el resto de los aislamientos mostró coloración azul, verde y café oscuro. En el medio ISSA, se presentó una mayor variación en la coloración de los aislamientos, presentándose desde blanco, diferentes matices de gris y café; también se observaron colonias de color beige, azul y verde. Las cadenas de las esporas en medio de cultivo NPPC presentaron forma de espiral y de varilla, lo cual no estuvo correlacionado con el color de las colonias en los medios de cultivo YME e ISSA. En PYI el pigmento soluble desde aquellos aislamientos que no produjeron, hasta aquellos que produjeron pigmentos amarillo, café tenue, café oscuro y negro; no se encontró correlación entre la coloración del pigmento y el tipo de cadenas que formaron las esporas, así como la coloración de las colonias en los medios de cultivo YME e ISSA (cuadro 3; figuras 3-4). En el grupo de aislamientos con esporas en cadena en forma de espiral se identificó preliminarmente a *Streptomyces scabies*, (figura 1) mientras que en el grupo de las que forman cadenas en forma de varillas se identificó a *Streptomyces acidiscabies* (figura 5).

El resto del aislamiento de *Streptomyces* asociados tubérculos-semilla de papa se encuentran en proceso de identificación mediante técnicas convencionales, herramientas moleculares y microscopía electrónica de barrido.

Cuadro 3. Características morfológicas y fisiológicas de aislamientos de *Streptomyces* en diferentes medios de cultivo.

Aislamiento / Origen	Tipo de cadenas de esporas (NPPC)	Color de la colonia en:		Producción de pigmento en:
		YME	ISSA	PYI
E1. Sinaloa	Espiral	Café oscuro/gris	Café claro	No presenta
E2. Nuevo León	Espiral	Gris oscuro	Gris oscuro	Negro
E3. Baja C.	Espiral	Blanco	Gris-blanco	Café oscuro
E4. Sinaloa	Espiral	Verde-gris	Verde olivo-blanco	No presenta
E5. Veracruz	Espiral	Gris claro	Gris-café	Negro
E6. Jalisco	Espiral	Blanco-gris	Blanco-gris	Café oscuro
E7. Baja C.	Espiral	Gris claro	Gris oscuro	No presenta
E8. Sinaloa	Espiral	Azul-gris	Azul-gris	Café tenue
E9. Jalisco	Espiral	Blanco	Gris-blanco	Café oscuro
E10. Sonora	Espiral	Beige-blanco	Blanco- beige	Amarillo
V1. Jalisco	Varilla	No desarrollo	Gris oscuro	Negro
V.2 Sinaloa	Varilla	Blanco	Blanco	No presenta
V4. 7. Sinaloa	Varilla	Blanco	Blanco	No presenta
V5.1 Nuevo León	Varilla	Blanco	Blanco	Negro
V6. Canadá	Varilla	Verde mostaza	Verde mostaza	Amarillo
V7. Sinaloa	Varilla	Blanco	Blanco	No presenta
V8. Nuevo León	Varilla	Blanco	Beige	No presenta
V9. Sinaloa	Varilla	Blanco	Blanco	Negro
V10. Sinaloa	Varilla	Blanco	Blanco	No presenta
V11. Sinaloa	Varilla	Beige	Blanco- beige	Café oscuro
V12. Jalisco	Varilla	Blanco-gris	Gris-beige	Café oscuro

Medios de cultivo: NPPC= Nystatina, Penicilina, Polimixina y Ciclohexamida; YME= Agar extracto de levadura-malta; ISSA= Agar Sal inorgánica-almidón soluble; PYI= Agar peptona extracto de levadura-hierro.

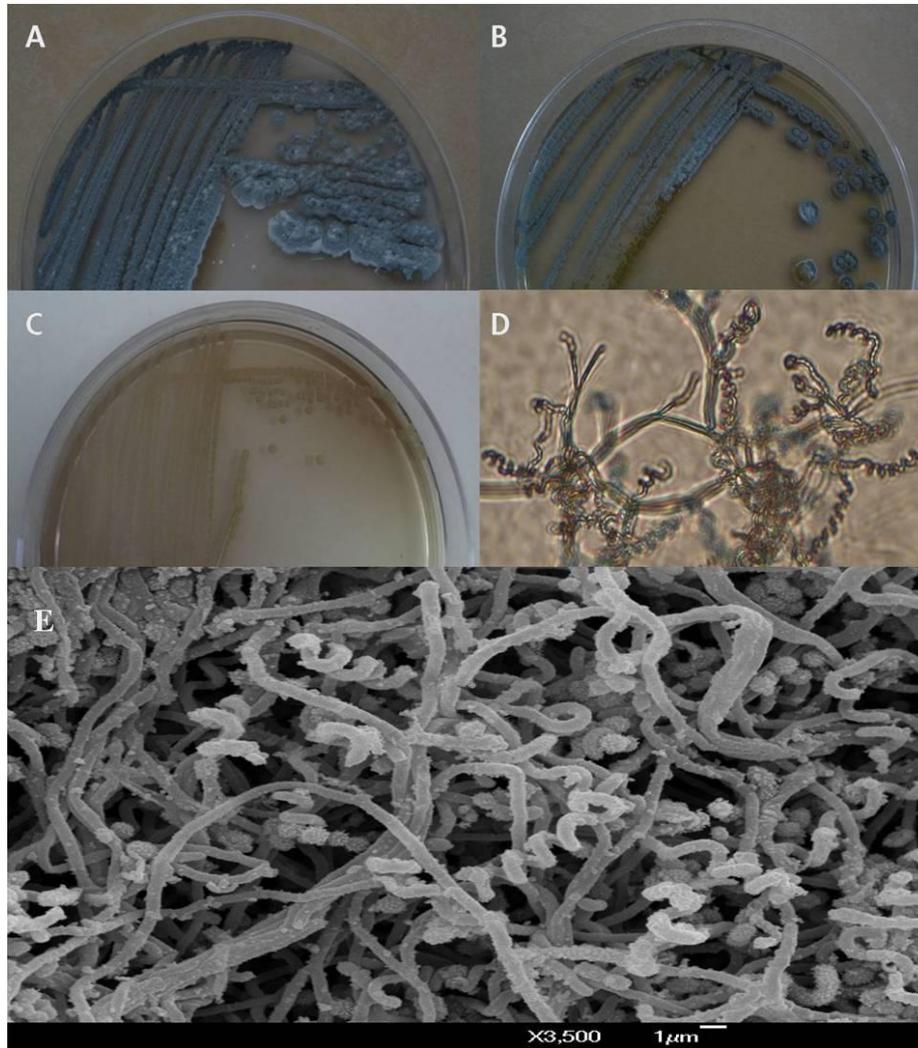


Figura 3. Color del micelio aéreo y pigmentos solubles de *Streptomyces* sp. (aislamiento E8-Sinaloa). A) Agar Sal inorgánica-almidón soluble (ISSA), B) Agar Extracto de levadura-malta (YME), C) Agar peptona extracto de levadura-hierro (PYI) y D) fotografía de microscopio de luz (40X) mostrando cadenas de esporas en forma de espiral del mismo aislamiento en Nystatina, Penicilina, Polimixina y Cyclohexamida (NPPC). E) fotografía al microscopio electrónico de barrido mostrando esporas en forma de espiral.

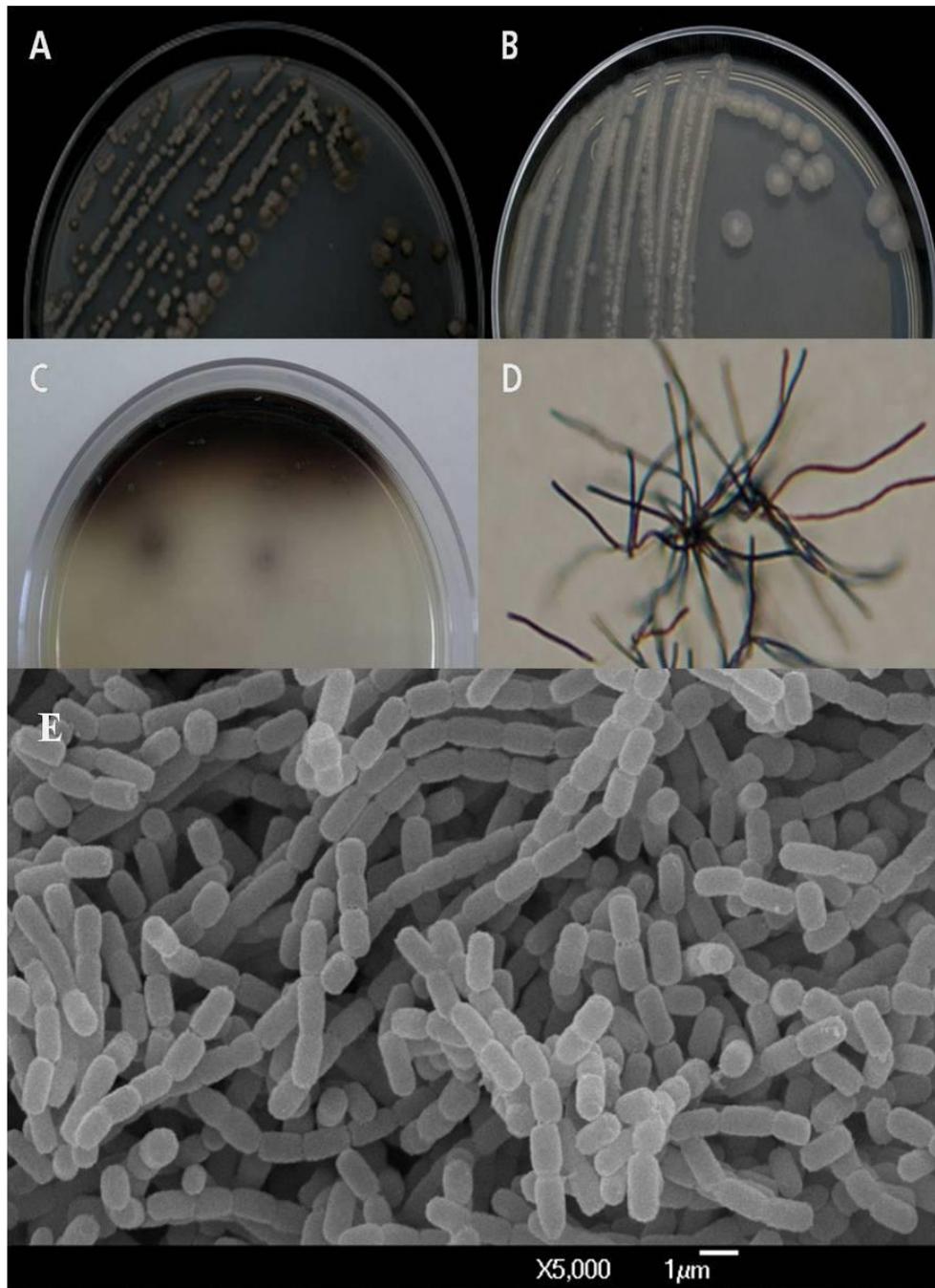


Figura 4. Color del micelio aéreo y pigmentos solubles de *Streptomyces* sp. (aislamiento V1-Jalisco). A) Agar Sal inorgánica-almidón soluble (ISSA), B) Agar Extracto de levadura-malta (YME), C) Agar peptona extracto de levadura-hierro (PYI) y D) fotografía de microscopio de luz (10X) mostrando cadenas de esporas en forma de varilla del mismo aislamiento en Nystatina, Penicilina, Polimixina y Cyclohexamida (NPPC). E) fotografía al microscopio electrónico de barrido mostrando esporas en forma de varilla.



Figura 5. Síntomas de roña común en tubérculo de papa variedad Fianna.

6.2. Pruebas de patogenicidad *in vitro* de aislamientos de *Streptomyces* en plántulas de rábano.

En general, los 21 morfotipos de *Streptomyces* spp., disminuyeron el crecimiento del hipocotilo de las plántulas de rábano. Se detectaron diferentes grados de virulencia en los aislamientos; por ejemplo, la longitud de los hipocotilos de las plántulas inoculadas con dichos aislamientos varió de 0.80 a 8.25 cm. El menor grado de virulencia lo indujeron los aislamientos E10-Sonora y V11-Sinaloa, cuyas plántulas inoculadas no mostraron diferencias significativas ($P=0.05$) con respecto a la longitud de los hipocotilos de las plántulas testigo sin inoculación, las cuales presentaron una longitud de 8.75 cm. El resto de los morfotipos mostraron virulencia de moderada a severa, donde la mayor agresividad la mostraron los aislamientos E6-Jalisco, V9-Sinaloa, E8-Sinaloa, E4-Sinaloa, E5-Veracruz, E2-Nuevo León, E1-Sinaloa y V2-Sinaloa, sin diferencias significativas entre

ellos, donde la longitud de los hipocotilos inoculados con este último fue de 0.80 cm (cuadro 4; figura 6)

Cuadro 4. Comparación de patogenicidad y virulencia relativa de 21 morfotipos de *Streptomyces* provenientes de tubérculos-semilla de papa.

Morfotipos de <i>Streptomyces</i> spp.	Longitud del hipocótilo (cm) ^x
Testigo	8.75 a ^y
E10-Sonora	8.25 a
V11-Sinaloa	7.87 a
V7-Sinaloa	5.17 b
E3-Baja California	4.62 bc
E7-Baja California	3.92 bcd
V8-Nuevo León	3.60 bcde
V12-Jalisco	3.40 bcde
V4-Sinaloa	3.37 bcde
V10-Sinaloa	3.02 cdef
V1-Jalisco	2.82 cdef
E9-Jalisco	2.75 defg
V5-Nuevo León	2.72 defg
V6-Canadá	2.70 defg
E6-Jalisco	2.25 defgh
V9-Sinaloa	1.80 efgh
E8-Sinaloa	1.52 fgh
E4-Sinaloa	1.37 fgh
E5-Veracruz	1.37 fgh
E2-Nuevo León	1.30 fgh
E1-Sinaloa	1.12 gh
V2-Sinaloa	0.80 h

^x Las dimensiones del hipocótilo de las plántulas de rábano se determinaron a los ocho días después de la siembra en medio de cultivo Agar Avena, inoculado de manera individual con los diferentes aislamientos de *Streptomyces* spp.

^y Los valores de las letras coincidentes no presentan diferencias significativas al someterse a la prueba de Tukey (P=0.05).

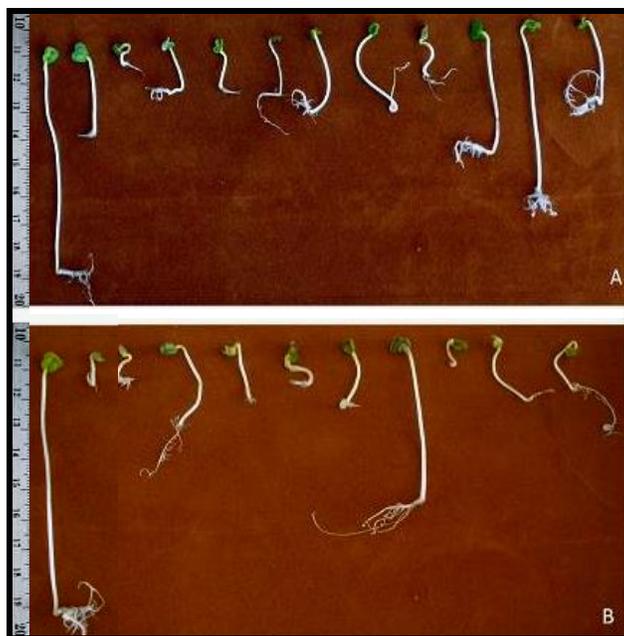


Figura 6. Patogenicidad y virulencia relativa de diferentes aislamientos de *Streptomyces*, en plántulas de rábano, después de 6 días de la inoculación: A) Plántulas inoculadas con los aislamientos de *Streptomyces* con cadenas de esporas en forma de varilla; de izquierda a derecha: testigo sin inocular, V1-Jalisco, V2-Sinaloa, V4-Sinaloa, V5-Nuevo León, V6-Canadá, V7-Sinaloa, V8-Nuevo León, V9-Sinaloa, V10-Sinaloa, V11-Sinaloa, V12-Jalisco y B) testigo sin inocular, plántulas inoculadas con aislamientos de *Streptomyces* con cadenas de esporas en forma de espiral; de izquierda a derecha: testigo, E1-Sinaloa, E2-Nuevo León, E3-Baja California, E4-Sinaloa, E5-Veracruz, E6-Jalisco, E7-Baja California, E8-Sinaloa, E9-Jalisco, E10-Sonora.

6.3. Control químico de la roña común de la papa en el norte de Sinaloa.

6.3.1. Sensibilidad *in vitro* de *Streptomyces scabies* a fungicidas y antibióticos

En la figura 7 se indica el efecto de los fungicidas Shogun, Flonex MZ 400, Busan 30WB, Captan y Tecto 60 en la inhibición de *Streptomyces scabies*. El patógeno mostró mayor sensibilidad a los productos Busan 30WB y Shogun, a partir de la dosis de 100 ppm; el efecto inhibitorio se hizo más evidente a través del incremento de las dosis hasta llegar a la de 10,000 ppm donde se presentó el mayor efecto inhibitorio. El fungicida mancoceb también mostró efectividad biológica; sin embargo, ésta se manifestó a partir de la dosis de 3,000 ppm; el incremento de la efectividad biológica fue paralelo al aumento de las dosis hasta llegar a 10,000 ppm, pero la inhibición en estas dosis fue inferior al que ejercieron

Busan 30WB y Shogun a la dosis de 10,000 ppm. En la misma figura se muestra el nulo efecto de Captan y Tecto 60 en la inhibición del desarrollo micelial de *S. scabies*.

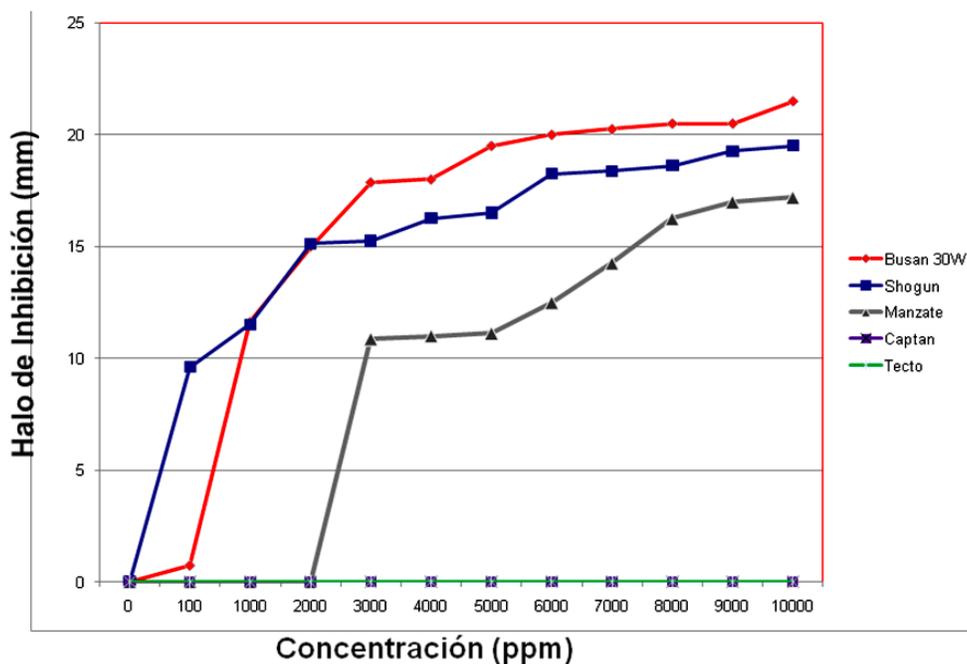


Figura 7. Efecto inhibitorio *in vitro* del desarrollo micelial de *Streptomyces scabies* en presencia de Shogun, Manzate, Busan 30 WB, Captan y Tecto 60.

6.3.2. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y sustancias amigables con el ambiente en el control de roña común en tubérculos-semilla de papa, en laboratorio.

De las 28 sustancias de prueba; 11 de ellas resultaron ineficaces en la inhibición de *Streptomyces spp.* presentes en lesiones de roña común en tubérculos-semilla; mientras que 10 productos mostraron una eficacia baja en el control de la enfermedad, pues el 24-56% de las lesiones en el tubérculo presentaron actividad del patógeno en los tubérculos tratados; en tanto que Cloralex (hipoclorito de sodio al 0.525% a 35°C) Oxidate (dióxido de hidrogeno), Busan 30 WB (benzothiazole), Shogun (fluazinam), Manzate (mancoceb), Coboxi (clorhidrato de oxitetraciclina + oxiclورو de cobre), Agry-Gent Plus 800 (sulfato de gentamicina + clorhidrato de oxitetraciclina) presentaron la mayor efectividad biológica en el control de la roña común en tubérculos-semilla de papa; pues el patógeno mostró viabilidad en 0 al 10 % de las lesiones de los tubérculos-semilla (cuadro 5).

Cuadro 5. Efectividad biológica de fungicidas y antibióticos para el control de roña de la papa (*Streptomyces* spp.) en tubérculos-semilla de papa.

Producto	Categorías ^x
<ol style="list-style-type: none"> 1. Opera Super (Pyraclostrobin) 2. Tecnocitric (Extracto de semilla de toronja) 3. Q-2000 (Yodo libre) 4. Ecocitro (Extracto de semilla y pulpa de toronja) 5. Fungilid 25 (Oxicloruro de cobre) 6. Phyto-Cu (Tintura de cobre) 7. Anglosan BR II (Didecil dimetil bromuro de amonio) 8. Fungibac (Extractos vegetales) 9. Kasumin (Kasugamicina) 10. Superbac M-90 (Pseudomonas y actinomicetes) 11. Amistar (Azoxystrobin) 	<p>Ineficaz (70-100% de lesiones activas)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ucarsan 420 (Glutaraldehído) 2. Vanodine (Iodo +acido fosfórico) 3. Estreptomicina (Sulfato de estreptomicina) 4. Pentaclor 600F (Quintozeno pentacloronitrobenceno) 5. Sagol (Oleato cúprico) 6. Maxim 4 FS (Fludioxonil) 7. Intermicin 100 (Sulfato de estreptomicina+clorhidrato de oxitetraciclina) 8. Timorex gold (Aceite de árbol de té) 9. Gentamicina (Sulfato de gentamicina) 10. Oxitetraciclina (Clorhidrato de oxitetraciclina) 	<p>Eficacia baja (24-56% de lesiones activas)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Busan 30 WB (benzothiazole) 2. Oxidate (Dióxido de hidrogeno) 3. Agry-Gent Plus 800 (Sulfato de gentamicina+clorhidrato de oxitetraciclina) 4. Cloralex a 35°C (Hipoclorito de sodio) 5. Coboxi (Clorhidrato de oxitetraciclina+oxicloruro de cobre) 6. Manzate WB (mancoceb) 7. Shogun WB (fluazinam) 	<p>Eficacia alta (0-10% de lesiones activas)</p>

^x Se refiere al porciento de lesiones en las cuales *Streptomyces* spp. permaneció viable después del tratamiento con las moléculas de prueba.

* Los productos se ensayaron a las dosis baja, media y alta (la dosis baja es la dosis optima recomendada por el fabricante contra otros agentes fitopatógenos, la media es el doble de la dosis baja y la alta es el triple de la dosis baja).

6.3.3. Efectividad biológica de fungicidas, antibióticos y en el control de roña en tubérculos-semilla de papa previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas.

En la figura 1 se indican la incidencia y severidad de roña común de la papa en varios lotes del norte de Sinaloa. Se muestrearon 17 lotes cuya superficie varió de 15 a 190 hectáreas, en 13 de ellos, la incidencia de la enfermedad varió de 1-85%, mientras que la severidad varió desde muy leve hasta el 40% (cuadro 6). Es importante resaltar que en estos lotes, los tubérculos-semilla no se sometieron a tratamientos con antibióticos y fungicidas antes de su almacenamiento en bodegas refrigeradas. Por otro lado, todos los tubérculos-semilla de la empresa TENABRI se trataron con antibióticos y fungicidas previos a su almacenamiento en bodegas refrigeradas y la incidencia de la enfermedad fue inapreciable (figura 8)

Cuadro 6. Porcentaje de incidencia y severidad de la roña común de la papa en lotes de producción de papa en el norte de Sinaloa, ciclo agrícola 2010-2011.

Empresa Agrícola	Superficie (ha)	Incidencia^X (%)	Severidad^Y (%)	Coordenadas
Agrícola Dyrene	60	85	40	N 25.84661 W108.84748
Ejido 9 de diciembre	15	80	30	N 25.735600 W109.03794
Agrícola Ocalte	90	73	25	N 25.79929 W108.90192
Julio Montiel Ibarra	80	23	10	N 25.81446 W108.88190
Ramón Osuna	10.5	15	5	N 25.78739 W109.06180
Salvador Castellano	20	9	0.01	N 25.74665 W109.03794
Adolfo Murrieta Flores	90	5	0.002	N 25.79439 W109.05815
Carlos Vega Rivera	100	1	0.0003	N 25.81446 W108.88201
Agrotecnia Produce	15	4	0.0013	N 25.79439 W109.05815
Agrícola Alpe	48	3	0.0026	N 25.79237 W109.05498
Guillermo Aguirre	190	2	0.0008	N 25.74665 W109.03794
Adolfo Murrieta Flores	45	1	0.0003	N 25.78395 W108.89937
Adolfo Murrieta Flores	50	1	0.0008	N 25.84912 W109.00490
TENABRI	50	0	0	N 25.90700 W108.89192
TENABRI	180	0	0	N 25.85545 W108.93736
TENABRI	35	0	0	N 25.86977 W108.93410
TENABRI	60	0	0	N 25.96977 W108.93410

^X Representa el número de tubérculos infectados en 100 piezas tomadas al azar.

^Y representa el porcentaje de superficie del tubérculo invadida por roña común.



Figura 8. Cosecha de tubérculos de papa durante el ciclo agrícola 2010-2011. A) Cosecha a partir de tubérculos-semilla tratados previo a la siembra y provenientes de bodegas refrigeradas sometidas a saneamiento y B) tubérculos-semilla no tratados.

6.4. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* en el interior y patios aledaños a las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa del norte de Sinaloa.

6.4.1. Poblaciones de *Streptomyces* spp. en suelo disperso sobre el piso en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa

Bodegas propiedad de Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V., predio Santa Rosa, Municipio de Ahome.

En la bodega B1, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se encontraron en los muestreos efectuados del 28 de agosto al 6 de diciembre de 2009, donde éstas variaron de 2, 383, 000 a 4, 300, 000 UFC/g observándose diferencias significativas ($P=0.05$) entre las poblaciones de dichos muestreo, siendo el muestreo del 7 de octubre donde se presentó la mayor población de *Streptomyces* spp. Las poblaciones de la bacteria disminuyeron en los muestreos realizados del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010; pues éstas variaron de 550, 000 a 783, 000 UFC/g de suelo; no se detectaron diferencias significativas

entre las poblaciones detectadas en este periodo, pero si las hubo con respecto a las poblaciones del 28 de agosto al 6 de diciembre de 2009 (cuadro 7).

En la bodega B2, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. ocurrieron en los muestreos realizados del 28 de agosto al 16 de noviembre de 2009 y variaron de 1, 283, 000 a 3, 366, 000 UFC/g de suelo con diferencias significativas ($P=0.05$) entre las fechas de muestreo, con la población más alta del organismo el día 7 de octubre. En esta bodega las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp. se presentaron en los muestreos del 6 de diciembre de 2009 al 15 de enero de 2010, donde el número de UFC/g de suelo variaron de 366, 000 a 850, 000, los valores poblacionales no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero si con respecto a las poblaciones encontradas del 28 de agosto al 16 de diciembre de 2009; sin embargo, se observó un incremento en las poblaciones en los muestreos del 4 y el 24 de febrero de 2010, con poblaciones de 1, 050, 000 a 1, 033, 000 UFC/g de suelo (cuadro 7).

En la bodega B6, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. ocurrieron del 28 de agosto al 27 de noviembre de 2009, variando de 3, 000, 000 a 6, 200, 000 UFC/g de suelo, observándose diferencias significativas ($P=0.05$) entre las fechas de muestreo y la mayor población ocurrió el 27 de noviembre; mientras que dichas poblaciones declinaron a partir del 16 de noviembre de 2009 hasta el 24 de febrero de 2010, cuando se contabilizaron 233, 000 a 433, 000 UFC/g de suelo, sin diferencias significativas entre estas poblaciones, pero si las hubo con respecto a las poblaciones registradas del 28 de agosto al 27 de noviembre de 2009 (cuadro 7).

Agrícola de Ernesto Ortegón Cervera, *predio Santa Rosa Municipio de Ahome*

En la bodega B4A, en general, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se presentaron en el periodo del 28 de agosto al 6 de diciembre de 2009, variando de 1, 150, 000 a 1, 366, 000 UFC/g de suelo; no se observaron diferencias significativas ($P=0.05$) entre los niveles poblacionales; en el periodo de 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010 las poblaciones disminuyeron de 200, 000 a 316, 000 UFC/g de suelo; no se detectaron diferencias significativas entre estas poblaciones, pero si las hubo con respecto a las que ocurrieron del 28 de agosto al 6 de diciembre de 2009 (cuadro 7).

En la bodega B4B, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. ocurrieron del 28 de agosto al 26 de diciembre de 2009, y variaron de 1, 433, 000 a 2, 650, 000 UFC/g de suelo con diferencias significativas (P=0.05) entre ellas; observándose la mayor población el 6 de diciembre. Las poblaciones disminuyeron en el periodo del 15 de enero al 24 de febrero de 2010, donde las poblaciones variaron de 716, 000 a 750, 000 UFC/g de suelo, el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas (P=0.05) entre éstas poblacionales, pero si con respecto a las poblaciones del 28 de agosto al 26 de diciembre de 2009 (cuadro 7).

En la bodega B11, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se registraron del 28 de agosto de 2009 al 15 de enero de 2010, las cuales variaron de 1, 100, 000 a 2, 216, 000 UFC/g de suelo, con diferencias significativas (P=0.05) entre las poblaciones; en esta bodega, la mayor población ocurrió el 27 de octubre de 2009. Las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp. se presentaron el 4 y el 24 de febrero de 2010 y variaron de 900, 000 a 930, 000 UFC/g de suelo (cuadro 7).

Cuadro 7. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en suelo colectado del piso en el interior de seis bodegas refrigeradas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Fecha de muestreo	Bodegas para conservación de tubérculos-semillas de papa/UFC/g de suelo*					
	Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V.			Agrícola de Ernesto Ortigón Cervera		
	Bodegas			Bodegas		
	B1	B2	B6	B4A	B4B	B11
28/08/2009	2 400 c**	1 666 c	3 000 b	1 250 ab	1 433 d	1 716 b
17/09/2009	2 450 c	1 700 c	2 716 b	1 366 a	1 800 cd	1 400 cb
07/10/2009	2 950 b	3 366 a	2 533 b	1 283 a	2 633 ab	1 650 b
27/10/2009	4 300 a	2 483 b	6 200 a	1 150 ab	2 133 bc	2 216 a
16/11/2009	2 783 bc	1 283 cd	233 c	700 c	1 983 c	1 450 bc
06/12/2009	2 383 c	366 e	433 c	1 050 b	2 650 a	1 116 cd
26/12/2009	550 d	750 de	266 c	316 d	1 666 dc	1 433 bc
15/01/2010	783 d	850 de	383 c	200 d	733 e	1 100 cd
04/02/2010	650 d	1 050 d	300 c	316 d	750 e	933 d
24/02/2010	666 d	1 033 d	316 c	233 d	716 e	900 d

*Los valores se representan en UFC/g de suelo x 1 000.

**Los valores de las letras coincidentes, por columna, no presentan diferencias significativas al someterse a la prueba de Tukey (P=0.05).

6.4.2. Poblaciones de *Streptomyces* spp. en polvo adherido a las paredes del interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa

Bodegas propiedad de Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V., predio Santa Rosa, Municipio de Ahome

Las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. en polvo adherido a las paredes del interior de la bodega B1 se registraron del 7 de octubre de 2009 al 24 de febrero de 2010, estas poblaciones variaron de 55, 000 a 92, 000 UFC/g de suelo; las poblaciones más altas se detectaron el 26 de diciembre de 2009, detectándose diferencias significativas ($P=0.05$) entre dichas poblaciones. En ésta bodega las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp. ocurrieron el 28 de agosto y 17 de septiembre de 2009, variando de 15, 000 a 17, 000 UFC/g de suelo respectivamente; no se encontraron diferencias significativas entre estas poblaciones, pero si las hubo con respecto a las poblaciones detectadas en el resto de los muestreos (cuadro 8).

En la bodega B2, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. en polvo adherido a las paredes de las bodegas se encontraron del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010; también sobresalió la población detectada el 7 de octubre de 2009 por sus altos niveles poblacionales, donde éstas variaron de 48, 000 a 63, 000 UFC/g de suelo, sin diferencias significativas ($P=0.05$) entre dichas poblaciones. En esta bodega las poblaciones más bajas se obtuvieron del 28 de agosto al 6 de diciembre de 2009, variando de 18, 000 a 33, 000 UFC/g de suelo, sin diferencias significativas entre éstas, pero si las hubo con respecto al resto de las poblaciones de las fechas arriba señaladas (cuadro 8).

Las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. sobre las paredes en la bodega B6, se registraron del 28 de agosto al 27 de octubre de 2009, las cuales variaron de 2, 533, 000 a 6, 200, 000 UFC/g de suelo. La población detectada el 27 de octubre fue la más alta; el análisis estadístico reflejó diferencias significativas ($P=0.05$) entre ésta y las poblaciones antes mencionadas. Pero a su vez fue significativamente mayor a las poblaciones detectadas del 16 de noviembre de 2009 al 24 de febrero de 2010, en las que las poblaciones variaron de 233, 000 a 433, 000 UFC/g de suelo (cuadro 8).

Bodegas propiedad de Agrícola de Ernesto Ortega Cervera, predio Santa Rosa, Municipio de Ahome

En la bodega B4A de Agrícola Ortega, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. ocurrieron del 27 de octubre al 6 de diciembre de 2009, en los cuales variaron de 3, 533, 000 a 3, 983, 000 UFC/g de suelo, sin diferencias significativas ($P=0.05$), observándose la mayor población el 6 de diciembre. En esta bodega, las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp. se obtuvieron el 28 de agosto, 7 de octubre, 26 de diciembre de 2009, 4 y 24 de febrero de 2010, variando de 2, 033, 000 a 2, 600, 000 UFC/g de suelo. Los valores poblacionales de éstos no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero si las hubo con respecto a las poblaciones detectadas del 27 de octubre al 6 de diciembre de 2009 (cuadro 8).

En la bodega B4B, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se registraron del 17 de septiembre al 6 de diciembre de 2009, variando de 3, 016, 000 a 4, 666, 000 UFC/g de suelo, con diferencias significativas ($P=0.05$) entre estas poblaciones. Las poblaciones más altas ocurrieron el 27 de octubre y 16 de noviembre de 2009. En la misma bodega, se detectaron poblaciones significativamente menores del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010, incluyendo el 28 de agosto de 2009, las que variaron de 1, 066, 000 a 1, 966, 000 UFC/g de suelo; sin diferencias significativas entre éstas, pero si las hubo con respecto a las que ocurrieron del 17 de septiembre al 6 de diciembre del 2009 (cuadro 8).

Las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. en superficie de las paredes interiores de la bodega B11, se detectaron del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010, variando de 2, 700, 000 a 3, 416, 000 UFC/g de suelo; el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas ($P=0.05$) entre estas poblaciones. En esta bodega las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp. se obtuvieron del 28 de agosto al 7 de octubre de 2009, variando de 1, 433, 000 a 2, 066, 000 UFC/g de suelo; estas poblaciones no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero si las hubo con respecto a las poblaciones detectadas del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010 (cuadro 8).

Cuadro 8. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en el polvo adherido a las paredes del interior de seis bodegas refrigeradas para almacenamiento de tubérculos-semilla de papa.

Fecha de muestreo	Bodegas/UFC/g de suelo*					
	Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V.			Agrícola de Ernesto Ortegón Cervera		
	Bodegas			Bodegas		
	B1	B2	B6	B4A	B4B	B11
28/08/2009	15 c**	20 c	3 000 b	2 316 de	1 800 cd	1 433 c
17/09/2009	17 c	20 c	2 716 b	2 950 bcd	3 083 bc	2 066 bc
07/10/2009	55 b	48 ab	2 533 b	2 233 e	3 016 bc	1 483 c
27/10/2009	68 ab	33 bc	6 200 a	3 900 a	4 666 a	2 700 ab
16/11/2009	78 ab	33 bc	233 c	3 533 ab	4 666 a	3 166 a
06/12/2009	62 b	18 c	433 c	3 983 a	3 700 ab	1 716 c
26/12/2009	92 a	56 a	266 c	2 600 cde	1 966 cd	2 866 ab
15/01/2010	75 ab	61 a	383 c	2 983 bc	1 350 d	3 416 a
04/02/2010	63 b	63 a	300 c	2 033 e	1 133 d	2 916 a
24/02/2010	63 b	51 ab	316 c	2 150 e	1 066 d	3 033 a

*Los valores se representan en UFC/g de suelo x 1000.

**Los valores de las letras coincidentes, por columna, no presentan diferencias significativas al someterse a la prueba de Tukey (P=0.05).

6.4.3. Poblaciones de *Streptomyces* spp., en el aire a 0.5 m de altura en el interior de seis bodegas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa

Bodegas propiedad de Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V., predio Santa Rosa, Municipio de Ahome

La poblaciones más altas de *Streptomyces* spp., en el aire, a 0.5 m de altura en el interior de la bodega B1 variaron de 2, 000 a 8, 000 UFC/m² y se registraron del 28 de agosto al 7 de octubre y del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010; la población más alta (8, 000 UFC/m²) se detectó el 7 de octubre de 2009, con diferencias significativas (P=0.05) entre ésta y las poblaciones antes señaladas. En la misma bodega, las poblaciones más bajas de *Streptomyces* spp., en el aire, se registraron del 27 de octubre al 6 de diciembre de 2009,

variando de 700 a 900 UFC/m², sin diferencias significativas entre ellas, aunque si las hubo con respecto a las poblaciones de las fechas antes indicadas (cuadro 9).

Las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. obtenidas en la bodega B2, se registraron el 7 y 27 de octubre de 2009, con poblaciones que variaron de 5, 000 a 6, 000 UFC/m² sin diferencias significativas (P=0.05) entre éstas. Una disminución significativa se observó en las poblaciones del 16 de noviembre de 2009 al 24 de febrero de 2010, las cuales variaron de 1, 000 a 2, 000 UFC/m², sobresaliendo la población del 28 de agosto de 2009 con 400 UFC/m² a 0.5 m de altura en el interior de la bodega (cuadro 9).

En la bodega B6, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se registraron del 28 de agosto al 16 de noviembre y del 6 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010, con poblaciones que variaron de 3, 000 a 7, 000 UFC/m², sin diferencias significativas (P=0.05) entre ellas. La población más baja (1, 000 UFC/m²) se registró el 6 de diciembre de 2009, la cual fue significativamente diferente al resto de las poblaciones (cuadro 9).

Bodegas de Agrícola Ernesto Ortigón Cervera.

En la bodega B4A de Agrícola Ortigón, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp., en el aire, a 0.5 m de altura en el interior de la bodega, se registraron del 28 de agosto al 27 de octubre y del 6 al 26 de diciembre de 2009, variando de 5, 000 a 8, 000 UFC/m², sin diferencias significativas (P=0.05) entre ellas; en ésta bodega las poblaciones más bajas se observaron el 16 de noviembre de 2009 y del 15 de enero al 24 de febrero de 2010, variando de 2, 000 a 4, 000 UFC/m², sin diferencias significativas entre estas poblaciones, pero si con respecto a las fechas anteriormente mencionadas (cuadro 9).

En la bodega B4B, las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se registraron el 15 de enero y el 4 de febrero de 2010, de 9, 000 UFC/m² en ambas fechas y sin diferencias significativas (P=0.05) entre dichas poblaciones; en tanto a que del 28 de agosto al 26 de diciembre de 2009 y el 24 de febrero de 2010, incluyendo el 24 de febrero de 2010, las poblaciones variaron de 3, 000 a 5, 000 UFC/m², sin diferencias significativas entre estas poblaciones, pero si las hubo con respecto a las poblaciones del 15 de enero al 4 de febrero de 2010 (cuadro 9).

En la bodega B11 las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp., ocurrieron del 27 de octubre al 6 de diciembre de 2009 y variaron de 5, 000 a 7, 000 UFC/m²; hubo diferencias significativas (P=0.05) entre estas poblaciones, aunque también las hubo con respecto a la presencia de poblaciones más bajas, mismas que variaron de 1, 000 a 3, 000 UFC/m² y ocurrieron del 28 de agosto al 7 de octubre de 2009 y del 26 de diciembre de 2009 al 24 de febrero de 2010; también hubo diferencias significativas entre estas poblaciones, aunque también las hubo con respecto a aquellas que se presentaron del 27 de octubre al 6 de diciembre de 2009 (cuadro 9).

Cuadro 9. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. de 0.5 m de altura en el interior de seis bodegas refrigeradas para almacenamiento de tubérculo-semilla de papa.

Fecha de muestreo	UFC* a 0.5 m de altura/m ²					
	Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V.			Agrícola de Ernesto Ortegón Cervera		
	Bodegas			Bodegas		
	B1	B2	B6	B4A	B4B	B11
28/08/2009	3 b**	0.4 c	3 ab	7 ab	5 b	3 cd
17/09/2009	3 b	2 b	3 ab	7 ab	3 b	2 de
07/10/2009	8 a	5 a	4 ab	8 a	5 b	3 cd
27/10/2009	0.8c	6 a	7 a	8 a	5 b	6 ab
16/11/2009	0.7c	2 bc	5 ab	2 d	5 b	7 a
06/12/2009	0.9c	1 bc	1 b	6 abc	5 b	5 bc
26/12/2009	2 b	1 bc	5 ab	5 abc	5 b	3 cd
15/01/2010	3 b	1 bc	4 ab	4 bcd	9 a	2 de
04/02/2010	3 b	1 bc	4 ab	2 cd	9 a	1 e
24/02/2010	3 b	1 c	4 ab	4 bcd	5 b	1 e

*Los valores representan miles de Unidades Formadoras de Colonias de *Streptomyces* spp. por m² (la extrapolación de los valores se hizo a partir de la superficie promedio de tres cajas de petri de 63.58 cm²).

**Los valores de las letras coincidentes, por columna, no presentan diferencias significativas al someterse a la prueba de Tukey (P=0.05).

6.4.4. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp., en los patios de tres bodegas refrigeradas para conservación de tubérculos-semillas de papa.

Patios aledaño a la Bodegas de Agrícola Ernesto Ortegón Cervera (testigo sin aplicación del desinfectante pinol).

Las poblaciones de *Streptomyces* spp. en uno de los patios de las bodega de Agrícola Ortegón Cervera durante los 7 meses de muestreo variaron de 75,000 a 213,750 UFC/g de suelo. En el patio de está bodega las poblaciones de *Streptomyces* spp. más bajas se presentaron el 12 de abril de 2010; sin embargo se observó un incremento a través de los meses hasta alcanzar su máxima expresión el 11 de octubre de 2010; es importante mencionar que se inicio la extracción de los tubérculos-semilla de estas bodegas refrigeradas durante dicho mes.

Patios aledaño a Bodega de Agrícola Tenabri S. de R. L. de C. V.

Las poblaciones de *Streptomyces* spp en ambas bodegas de la Agrícola Tenabri fueron similares a través del periodo de muestreo; estas variaron de 7,500 a 78,750 UFC/g de suelo. Las poblaciones mas alta se registró el 23 de marzo de 2010 es importante mencionar que hasta esta fecha todavía no se habían realizado aplicaciones del desinfectante pinol y que después de las primeras aplicaciones semanales del desinfectante pinol (20 litro de pinol en 100 litros de agua) las poblaciones de *Streptomyces* empezaron a disminuir registrándose las población mas baja población se registró el 22 de Julio de 2010 (Figura 9).

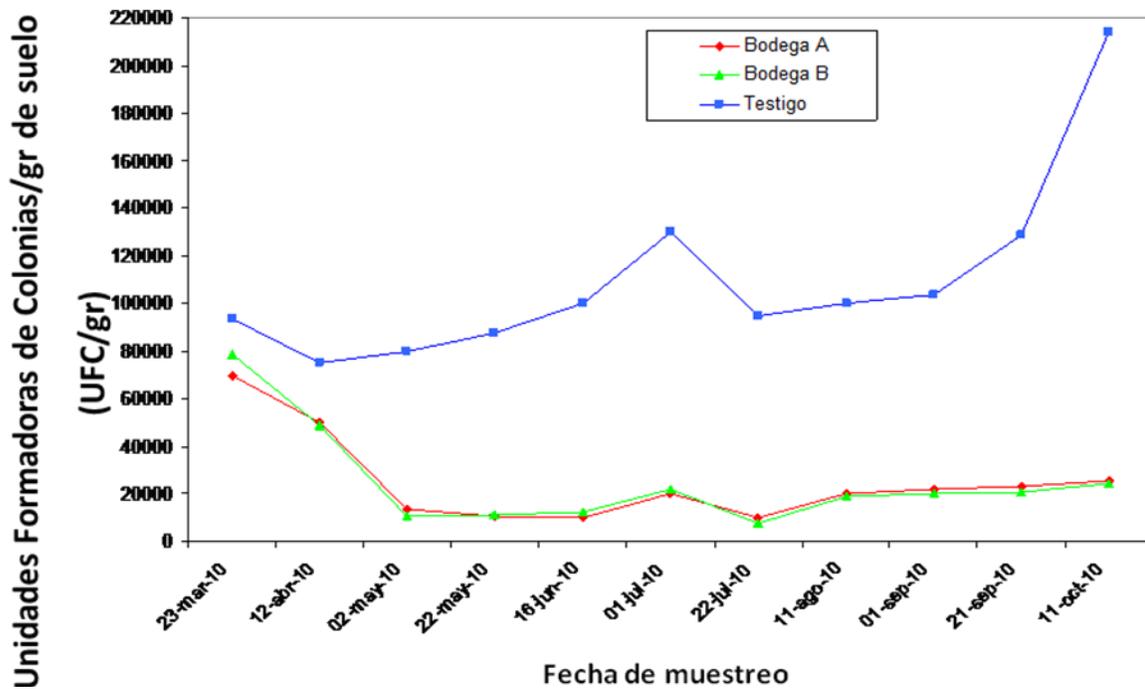


Figura 9 Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en patios de tres bodegas refrigeradas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa

6.4 Niveles poblacionales de *Streptomyces* spp. en suelos sometidos a diferentes rotaciones de cultivos.

En el suelo sometido a dos ciclos de cultivo de papa de manera consecutiva, las poblaciones de *Streptomyces* spp. variaron de 2,000,000 a 8,000,000 unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/gr) en el periodo de octubre a diciembre de 2009; hubo un decremento en la población de febrero a abril y se registraron poblaciones máximas de 5,000,000 y mínimas de 1 000,000 de UFC/gr de suelo al final del periodo de muestreo lo cual ocurrió del 15 de septiembre al 5 de octubre del 2010 (Figura 10).

7.5. Niveles poblacionales de *Streptomyces* spp. en suelos sometidos a diferentes rotaciones de cultivos

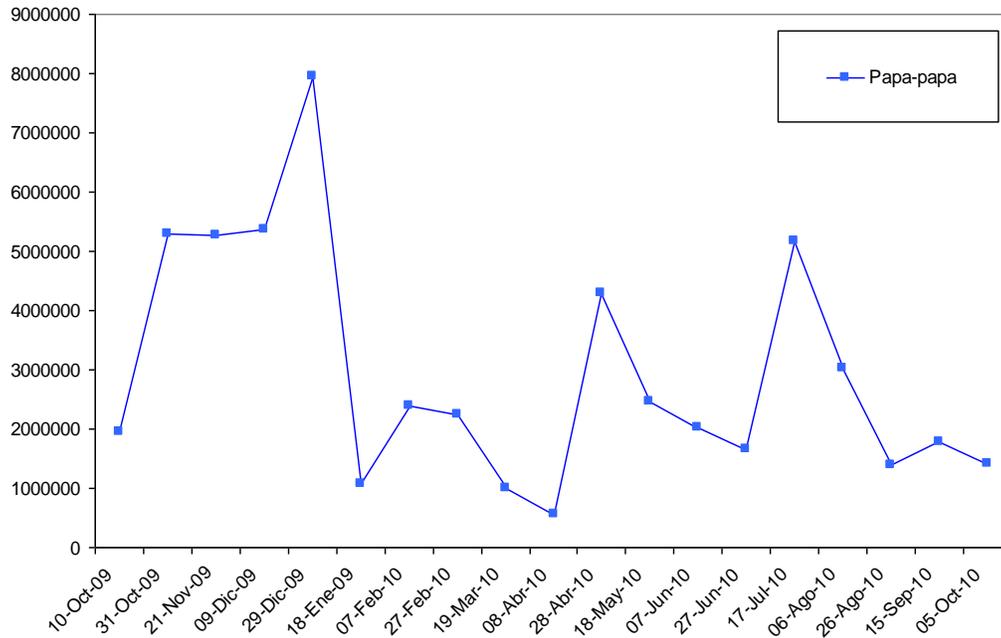


Figura 10. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en suelo sometido a rotación papa-papa por un año.

En el suelo donde se sembraron papa y en seguida se sembró maíz las poblaciones máximas fueron de 4,800,000 UFC/gr de suelo y su expresión mínima ocurrió en marzo con poblaciones de 300,000 UFC/gr de suelo; hubo incrementos en las poblaciones a partir de marzo con un máximo de 3,000,000 UFC/gr de suelo en julio y declinaron hasta llegar a 2,000,000 UFC/gr de suelo de julio a septiembre de 2010. En general, se observó que las poblaciones de *Streptomyces* spp. fueron más bajas en la rotación papa-maíz (Figura 11) que en aquéllas que se observaron en los suelos que se sembró papa en dos ciclos de manera consecutivas.

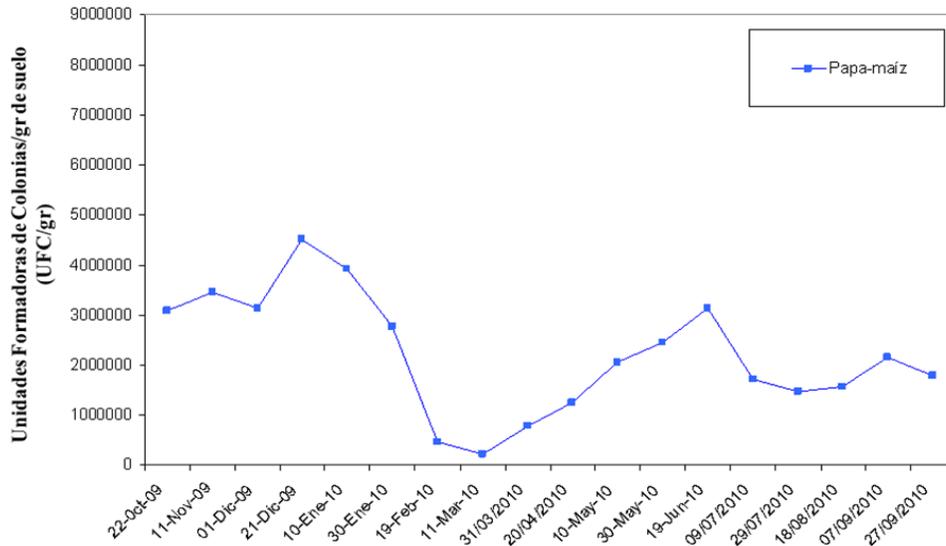


Figura 11. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en suelo sometido a rotación papa-maíz por un año.

En el suelo sometido a la rotación frijol-sorgo después de papa las poblaciones variaron de 1,000,000 a 3,700,000 en el periodo de muestreo comprendido de octubre del 2000 a octubre de 2010. Fue evidente que en esta rotación, las poblaciones de *Streptomyces* spp. fueron más bajas que en el suelo donde se sembró papa después de papa y en el suelo donde se sembró maíz después de papa (Figura 3).

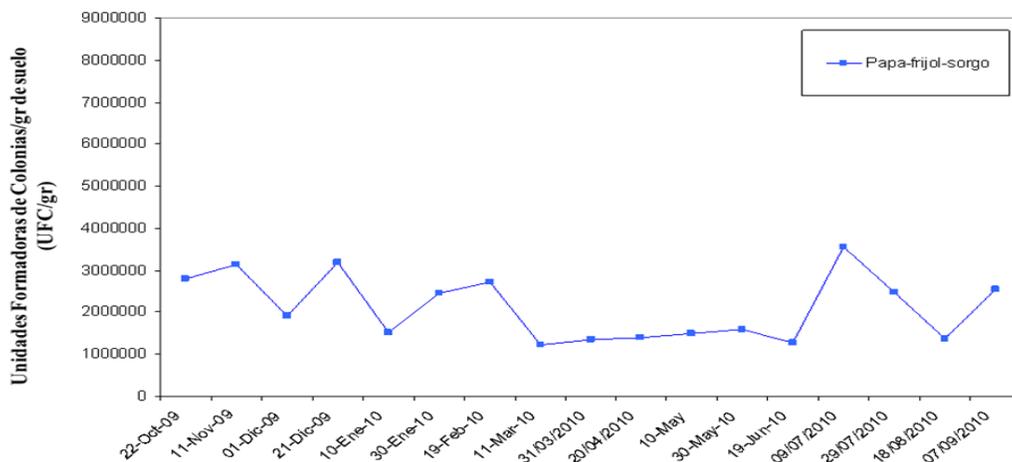


Figura 12. Fluctuación poblacional de *Streptomyces* spp. en suelo sometido a rotación papa-frijol-sorgo por un año.

VII. DISCUSIÓN

El actinomiceto del género *Streptomyces* se encontró asociado a lesiones de roña común de la papa en tubérculos-semilla procedentes del norte de Sinaloa, Baja California, Sonora, Jalisco, Nuevo León, Veracruz y Canadá. Los estudios preliminares sobre la identificación indican la presencia de *Streptomyces scabies* y *acidiscabies* como causantes de la roña común de la papa (Lambert y Loria, 1989a; Lambert y Loria, 1989b). Otras especies se encontraron asociadas a tubérculos sintomáticos sin embargo su identidad no se determinó en el presente estudio; en este sentido se abre una nueva línea de investigación para determinar su identidad a nivel especie mediante estudios fisiológicos y bioquímicos, así como a nivel molecular, lo cual actualmente se lleva a cabo en coordinación con la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

La patogenicidad de 21 aislamientos de *Streptomyces* se demostró en plántulas de rábano y mostraron diferentes grados de virulencia (Flores *et al.*, 2008); donde un morfotipo con cadenas de esporas en forma de varilla (identificado como *S. acidiscabies*), obtenido de tubérculos sintomáticos del norte de Sinaloa resultó con el mayor grado de virulencia. Estos resultados son importantes pues es evidente la posible presencia de especies no reportadas en Sinaloa, con potencial de causar la roña común de la papa; sin embargo, estudios adicionales deberán realizarse para determinar la patogenicidad y virulencia relativa de dichas especies en papa en condiciones de controladas.

Los fungicidas Busan 30 WB (benzothiazole), Manzate (mancoceb), Shogun (fluazinam) mostraron un excelente control *in vitro* contra *Streptomyces scabies*. Por otro lado, el Tecto 60 (tiabendazol) y el Captan (captan) no mostraron efecto sobre el patógeno; estos resultados coinciden con estudios previos (Copeland *et al.*, 1975), donde el efecto de estas moléculas fue limitado contra la roña común. Adicionalmente se observó que el efecto del Pentaclororuro de Nitrobenzono (PCNB) muestra una actividad limitada en el control de la enfermedad en tubérculos-semilla; este hallazgo es importante, pues el PCNB al igual que el Captan son ampliamente usados para el control de la roña común de la papa; por lo anterior en presentaciones de resultados en congresos nacionales y encuentros con productores de papa a nivel nacional se ha recomendado que dichas moléculas no se utilicen para dicho propósito, pues además de ineficaces se han consignado como agentes

carcinogénicos. Aún cuando en el presente estudio se demostró la efectividad biológica de Busan 30 WB (benzothiazole), es importante realizar estudios de campo y determinar su efecto fitotóxico en tubérculos-semilla de papa previo a su siembra en campo, pues este fungicida se recomienda para aplicación en suelo, pero no sobre tejido vegetativo, como el caso de tubérculos-semilla de papa.

El clorhidrato de oxitetraciclina+oxicloruro de cobre y la mezcla de los antibióticos sulfato de gentamicina +clorhidrato de oxitetraciclina tuvieron un efecto significativo en la disminución de la viabilidad del patógeno en las lesiones presentes en el peridermo de los tubérculos-semilla; estos antibióticos afectan diferentes procesos metabólicos en las bacterias tales como *Streptomyces* spp. y existen formulaciones para su aplicación en cultivos agrícolas, por lo que la combinación de ellos con mancoceb y fluazinam representan una opción para el tratamiento de tubérculos-semilla previo a su almacenamiento en bodegas refrigeradas; resalta el hecho de que estas sustancias no inhiben el brotamiento de las yemas ni el vigor de las plantas originadas de estas en campo. Aún cuando el hipoclorito de sodio resultó eficaz en la reducción de infecciones por *Streptomyces* en tubérculos-semilla su uso no es práctico pues su concentración disminuye en cortos periodos de tiempo, lo que representa una desventaja para su uso.

Finalmente once de las sustancias de pruebas resultaron ineficaces y diez de ellas ejercieron una eficacia moderada en el control de infecciones por *Streptomyces* spp. en tubérculos-semilla de papa. Dicha ineficacia y eficacia moderada puede deberse al hecho que varias de las sustancias de prueba están diseñadas para afectar bacterias Gram-negativas y en cambio el género *Streptomyces* está considerado como Gram-positivo, razón por la cual varios de los antibióticos no tuvieron efecto contra el organismo asociado a la roña común de la papa.

Todo lo arriba señalado hace referencia a trabajos de laboratorio lo cual dio sustento a experimentación subsiguiente que condujo al tratamiento de tubérculos-semilla para la siembra de 600 hectáreas de papa en el ciclo agrícola 2009-2010 y una superficie similar en el 2010-2011. Fue evidente la disminución de incidencia de la roña común de la papa en las cosechas en las superficies y ciclos agrícolas señalados lo que contrastó con la incidencia y

daño por la enfermedad en lotes donde no se realizaron el tratamiento de los tubérculos-semilla previo a la siembra.

El presente estudio confirma la importancia de la utilización de tubérculos-semilla libre de roña común de la papa (Loria *et al.*, 1997; Lapwood y Hering 1968); en este caso el tubérculo semilla se encontraba infectado por la enfermedad sin embargo; el tratamiento, de los mismos permitió eliminar del 97al 98 % de las lesiones activas en el tubérculo. Aun cuando esto no es equivalente sembrar semilla libre de la enfermedad se reduce el riesgo del brote de epidemias por la presencia en inóculo de los tubérculos-semilla. Lo anterior se complementa con el saneamiento de las bodegas refrigeradas para eliminar las poblaciones del patógeno en el interior de las mismas.

Un aspecto relevante en el presente estudio fue la atención hacia la presencia de inóculo de especies de *Streptomyces* tanto en el interior de las bodegas refrigeradas como en los patios aledaños a las mismas, pues ese aspecto se había subestimado no solamente en Sinaloa si no en otras áreas productoras de papa en el país. El saneamiento de las bodegas fortalece el tratamiento de los tubérculos-semillas mediante fungicidas y antibióticos, pues durante su reposo en las bodegas no estarán expuestos a contaminación por especies de *Streptomyces* con el potencial para causar la enfermedad. Adicionalmente, en el interior de siete bodegas refrigeradas con tubérculos-semilla se realizan monitoreo quincenales para determinar la presencia de *Streptomyces* y cuando se detectan poblaciones mínimas del patógeno se nebuliza dicho espacio con mancoceb al 2%; esto ha conducido a lograr la disminución de inóculo a niveles inapreciables en el interior de las bodegas, fortaleciéndose así la sanidad de los tubérculos-semilla.

Fue evidente el efecto de la rotación de cultivos en las poblaciones de *Streptomyces* en lotes comerciales sometidos a la siembra de papa; en este sentido, la rotación frijol-maíz después de la siembra de dicha solanácea tuvo el mayor efecto en la disminución de la población de las especies de *Streptomyces* en general. El estudio también demostró que en los meses cálidos del año las poblaciones de dicho organismo se incrementan, lo cual sugiere que las siembras de papa durante el mes de septiembre a la primera semana de octubre están más expuestas al ataque del patógeno; lo mismo podría ocurrir en siembras de enero cuya tuberización ocurre durante el mes de febrero a marzo cuando ocurren temperaturas cálidas.

Será importante continuar este tipo de estudios, donde se incluyan una mayor variación de cultivos, así como periodos de tres a cuatro años para dichas rotaciones.

VIII. CONCLUSIONES.

Streptomyces scabies y *S. acidiscabies* se encontraron asociados en forma consistente a síntomas de roña común en tubérculos de papa cosechados en el norte de Sinaloa, así como aquellos provenientes de otros estados de la república y del Canadá.

Los aislamientos de *Streptomyces* spp. asociados a la roña común de la papa resultaron patogénicos *in vitro* en plántulas de rábano, lo que implica que estos tiene el potencial para infectar a la papa.

Los fungicidas Busan 30 WB (benzothiazole), Manzate (mancoceb) y Shogun (fluazinam) ejercieron excelente control *in vitro* contra *Streptomyces scabies*.

Busan 30 WB (benzothiazole), Manzate (mancoceb), Shogun (fluazinam), Coboxi (Clorhidrato de oxitetraciclina+Oxicloruro de cobre), así como el antibióticos Agry-Gent plus 800 (Sulfato de gentamicina+Clorhidrato de oxitetraciclina), tuvieron un efecto significativo en la disminución de la viabilidad del patógeno cuando se asperjaron durante un minuto en los tubérculos con lesiones de roña común en el laboratorio.

La mezcla de Manzate (mancoceb), Shogun (fluazinam), Agry-Gent plus 800 (Sulfato de gentamicina+Clorhidrato de oxitetraciclina), tuvieron un excelente efecto en la eliminación de infecciones activas de la roña común en tubérculos-semilla de papa destinados a la siembra de 600 hectáreas durante los ciclos agrícolas 2009-2010 y 2010-2011 en el Municipio de Ahome

Especies de *Streptomyces* se encontraron esparcidas sobre el piso, paredes y el aire circulante, en el interior de bodegas para el almacenamiento de tubérculos-semilla de papa y sus poblaciones disminuyeron al asperjar el interior de dichas bodegas con el desinfectante Pinol (20 litro de pinol en 100 litros de agua).

Los patios aledaños a las bodegas refrigeradas que se regaron con una solución del desinfectante pinol (20 litro de pinol en 100 litros de agua), presentaron una disminución significativa en las poblaciones de *Streptomyces* spp., lo que contribuye a la disminución de

riesgo de contaminación del interior de las bodegas cuando éstas se abren para la oxigenación de los tubérculos-semilla.

Lotes comerciales sometidos a la siembra de papa en dos ciclos consecutivos acusaron mayores poblaciones de *Streptomyces* spp. que aquéllos que se sometieron a la rotación de maíz y frijol-sorgo durante un año.

Las poblaciones más altas de *Streptomyces* spp. se detectaron en los meses más cálidos del año, lo que implica que los productores deben respetar las fechas óptimas de siembra para disminuir el riesgo de infección por el patógeno.

El presente estudio muestra que un enfoque integrado en el manejo de la roña común de la papa disminuye el riesgo de epidemias que afectan la calidad y producción de este cultivo.

IX. LITERATURA CITADA.

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

Boucek-Mechiche K, Gardan L, Normand P, Jouan B, 2000. DNA relatedness among strains of *Streptomyces* pathogenic to potato in France: description of three new species, *S. europaeiscabiei* sp. nov. and *S. stelliscabiei* sp. nov. associated with common scab, and *S. reticuliscabiei* sp. nov. associated.

Bozzola, J.J., and Russell, L.D. 1999. Electron microscopy. Principles and techniques for biologists. Jones and Bartlett publishers. London. 670 p.

Burckhardt, D y P. Lauterer. 1997. A taxonomic reassessment of the trioizid genus bactericida (Hemiptera:Psylloidea). Journal of Natural History. U. K. 31 (1): 99-153p.

CONPAPA, 2010. Consultado el 19 de abril de 2010 en su sitio en internet: <http://www.conpapa.org.mx/producción.htm>.

Copeland , R.B. y Logan, C. 1975. Control of truber diseases, especially gangrene, with benomyl , thiabendazole and other fungicides. Potato Res.: 179-188.

- Davis, J. R., G. M. Mc Master, R. H. Calliban, F. H. Nissley, and J. J. Pavek. 1975. Influence of soil moisture and fungicide treatments on common scab and mineral Content of potatoes. *Phytopathology*.66:228-233.
- Doering-Saad, C., Kämpfer, P., Shulamit, M., Kritzman, G., Schneider, J., Zakrzewska-Czerwinska, J., Schrempf, H., and Barash, I. 1992. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:3932-3940.
- FAO 2005. Consultado el 14 de agosto de 2010 en su sitio en Internet: [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP AG/papa/ce panorama.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/papa/ce_panorama.pdf).
- Food and Agriculture Organization. 2008. Año internacional de la papa. Consultado el 26 de abril de 2010 en: [http://www.potato2008.org/es/lapapa/ utilizacion.html](http://www.potato2008.org/es/lapapa/utilizacion.html).
- Faucher, E., Paradis, E., Goyer, C., Hodge, N. C., Hogue, R., Stall, R. E., and Beaulieu, C. 1995. Characterization of streptomycetes causing deep-pitted scab of potato in Québec, Canada. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45:222-225.
- 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.
- Garzón, Tiznado, J. A. 2002. El “Pulgón Saltador” o la Paratrioza, una amenaza para la horticultura de Sinaloa. Memoria de taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc. como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sin., México, 100 pp.
- Goyer, C. y Beaulieu, C. 1997. Host range of Streptomycete strains causing common scab. *Plant Dis.* 81:901-904p.
- Info Rural. 2007. Plan rector sistema product nacional papa. Consultado el 15 de mayo de 2010 en: http://www.inforural.com.mx/IMG/pdf/prn_papa.pdf.
- Küster, E. 1959. Outline of a comparative study of crueria used in characterization of actinomycetes. *Intern. Bull. Bact. Nomen. and Taxon.* 9:98-104p.

- Lambert, D. H., and Loria, R. 1989a. *Streptomyces scabies* sp. nov., nom. rev. Int. J. Syst. Bacteriol. 39:387-392.
- Lambert, D. H., and Loria, R. 1989b. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov., nom. rev. Int. J. Syst. Bacteriol. 39: 393-396.
- Lapwood D. H., and T. F. Hering 1968. Infection of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) during brief periods when soil is drying. Eur. Potato J. 11: 177- 187.
- Little, T.M. y Hills, F.J. 1973. Agricultural Experimentation Design and Analysis. John Wiley and Sons. New York, USA. 350p.
- Loria, R. and Davis, J. R. 2001. *Streptomyces scabies*. Pages 114-119 in: Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. N. W. Schaad, ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Loria, R., Bukhalid, R. A., Fry, B. A., y King, R. R. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. Plant Dis. 81(8):836-846p.
- Miller, G. L., D. R. Miller y R. W. Carlson. 2000. Psylloidea. Consultado el 21 julio de 2010 en su sitio en internet: <http://www.sel.barc.usda.gov/psyllid/psyllidframe.html>.
- Miyajima K, Tanaka F, Takeuchi T, Kuninaga S, 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 48, 495–502.
- Ochoa, C.N., 1999. Las papas de Sudamérica: Perú (Parte 1) Centro Internacional de la papa, Lima, Perú. Impreso en Kansas Allen Press 1090 p.
- Pridham, T.G., Anderson, P., Folioy, C., Lindenfelser, H.A., Hesseltine, C.W. y Benedict, R.G. 1956- 57. A selection of media for maintenance and taxonomic study of Streptomyces. Antibiotic. Annual 1956-1957:947-953p.
- Ruzin, S.E. 1999. Plant Microtecnic and Microscopy. Oxford University, Press. New Cork, USA. 322 p.
- Salazar, L.F. 1997. Identificación y control de enfermedades virales y fitoplasmas de la papa. Simposium Internacional de la Papa, (Redpapa) México.

SIAP-SAGARPA. 2009. La papa. Consultado el 15 de marzo de 2010 en su sitio en internet:http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=427.

Tresner, H. D., y F. Dagna, 1958. Hydrogen sulfide production by *Streptomyces* as a criterion for species differentiation. Jour. Bacteriol. 76:239-244pp.

Williams, S. T. and F. L. Davies. 1965. Use of antibiotics for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil. J. Gen. Microbiol. 38:251-262.

Zúñiga-López. 2001. Perspectivas tecnológicas en el uso de germoplasmas de papas nativas. Ministerio de Agricultura del Perú, Instituto Nacional de Investigación Agraria, INIA, Centro Internacional de la Papa, CIP. 219, 8-47.