

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Identificación y Combate del Agente Causal del Paño del Tubérculo y Tizón
Foliar del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.)

Por:

GERARDO GONZÁLEZ CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Identificación y Combate del Agente Causal del Paño del Tubérculo y Tizón
Foliar del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.)

Por:

GERARDO GONZÁLEZ CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

Dr. Alberto Flores Olivas
Asesor Principal

Lidia H. Flores T.
M.C. Lidia Monserrat Flores Torres
Coasesor

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
Saltillo, Coahuila, México. Agronomía

Febrero de 2015

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a todos los que han influido en mí, para lograr estar en el lugar que estoy ahora.

Dedico A:

Dios: por haberme dado la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Por darme salud para lograr mis objetivos y permitirme culminar mis estudios, además de su infinita bondad al poner en mi camino aquellas personas que han sido soporte y compañía durante el trayecto en esta universidad.

A mis padres:

A mis padres Jacinta Carrillo González y Pedro González Salaz, Por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por estar conmigo y a mi lado. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos:

A mis hermanos Isidro, Aumero, Frígida, Ulisa, Luis. Por su constante apoyo y sus grandes consejos y motivación para seguir adelante.

A mis tíos:

A todos mis tíos por su apoyo y consejos que se preocuparon por mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Al terminar el presente trabajo es inevitable dejar de mencionar el desempeño que he realizado para poder terminar y cumplir mi propósito. Sin embargo, no sería posible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término.

Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mi agradecimiento de manera especial y sincera a mis padres Jacinta Carrillo González y Pedro González Salaz, a mis hermanos por creer en mí y haberme apoyado en los momentos difíciles y en especial en esta etapa de mi vida.

A mis compañeros de estudios

De la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme su amistad, gracias por los buenos momentos que hemos compartido tanto profesionalmente como personalmente.

A mis maestros

A mis maestros, que me enseñaron como superarme en la vida para salir adelante como profesionista y como una persona de bien.

A mi Alma Terra Mater

Le agradezco a la Universidad Autónoma Agrario Antonio Narro, por darme la facilidad y los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades en mi formación como un profesional en la carrera Ingeniero Agrónomo en Producción.

Agradezco a mi asesor académico el Dr. Alberto Flores Olivas, por aceptarme para realizar este trabajo bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como estudiante. Las ideas propias siempre enmarcadas en su orientación y

rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

M.C. Lidias Monserrat Flores Torres, por su apoyo en la revisión y sugerencias para la realización de esta investigación.

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo, por su amistad y valiosa cooperación en la revisión de este documento, por su tiempo y por transmitirme sus conocimientos.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a la empresa Bayer de México S.A. de C.V. en donde me permitieron realizar mis Prácticas Profesionales bajo la dirección del Ing. Oscar Liedo Granillo, Ing. J. Eduwigis Jiménez Trenado y al Ing. Jorge Corrales Flores por su aporte y participación activa en el desarrollo de la empresa. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia a la hora de enseñarme la mecánica de trabajo en campo y en oficina.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Cultivo de la Papa.....	3
Morfología	3
Fisiología.....	4
Taxonomía	5
Importancia Mundial.....	5
Importancia Regional y Nacional	6
Utilización de la papa.....	7
Valor nutritivo de la papa	7
Enfermedades de la papa.....	8
Paño del tubérculo.....	9

Posición taxonómica	12
Descripción morfológica	13
Daños y síntomas.....	14
Control.....	16
Identificación y Aislamiento de Hongos	18
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Descripción del Sitio Experimental.....	20
Obtención del Material Vegetal	20
Combate del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar	20
Variables Evaluadas	22
Control de la Enfermedad Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar.....	22
Producción	22
Análisis Estadístico	23
Identificación del Agente Causal del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar.....	24
Variables Evaluadas	25
Desarrollo de la Enfermedad Paño de Tubérculo y Tizón Foliar	25
Manejo del Experimento	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Control del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar	28
Producción	30

Identificación del Agente Causal del Paño de Tubérculo y Tizón Foliar	31
Desarrollo de la Enfermedad Paño del Tubérculo y Tizón Foliar	35
Producción	36
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Productos utilizados para el control del paño de tubérculo y tizón foliar.	21
Cuadro 2. Escala para evaluación severidad de paño para el análisis visual de tubérculos.	22
Cuadro 3. Productos usados para el control de plagas y enfermedades, 27	
Cuadro 4. Cuadrados medios de incidencia y severidad para el control paño, UAAAN 2014.....	28
Cuadro 5. Concentración de datos de la evaluación incidencia, severidad, numero de tubérculo y peso, para el control de paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras morfológicas de <i>C. coccodes</i>	13
Figura 2. Esporas de <i>C. coccodes</i>	14
Figura 3. Crecimiento del micelio del hongo tomado de los tubérculos con síntomas de paño, UAAAN 2014.	24
Figura 4. Comparación de medias de la incidencia paño del tubérculo, UAAAN 2014.	29
Figura 5. Comparación de medias de la severidad paño del tubérculo, UAAAN 2014.	29
Figura 6. Comparación de medias Número de tubérculos, de la variable producción, UAAAN 2014.	30
Figura 7. Comparación de medias peso de tubérculos, correspondiente a la variable producción, UAAAN 2014.	31
Figura 8. Tubérculos con síntomas de paño observados en campo, UAAAN 2014.	31
Figura 9. Tallos con síntomas de tizón foliar observados en campo, UAAAN 2014.	32
Figura 10. Tubérculos con síntomas de paño provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.	32
Figura 11. Tallos con síntomas de tizón foliar provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.	33
Figura 12. Hojas con síntomas del tizón foliar provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.	33
Figura 13. Micelio del hongo aislado de los tubérculos con síntomas de paño en campo, UAAAN 2014.	34

Figura 14. esporas de <i>Colletotrichum coccodes</i> observados con el microscopio, UAAAN 2014.	34
Figura 15. Micelio del hongo aislado de los tubérculos provenientes de inoculados, UAAAN 2014.	35
Figura 16. Promedio de porcentaje de incidencia de paño del tubérculo, inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.....	36
Figura 17. Promedio de porcentaje de severidad de paño del tubérculo, inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.....	36
Figura 18. Número de tubérculos, producidos por tubérculos inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.....	37
Figura 19. Peso de tubérculos, producidos por tubérculos inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.	37
Figura 20. Aislamiento del hongo causante de la enfermedad paño del tubérculo, UAAAN 2014.....	43
Figura 21. Siembra e inoculación de tubérculos en invernadero, UAAAN 2014.....	43
Figura 22. Siembra y aplicación de los tratamientos para el control del paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.	44
Figura 23. Productos usados para el combate del paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.	45

RESUMEN

La presente investigación se realizó para identificar el agente causal del paño del tubérculo de la papa (*Solanum tuberosum* L), y tizón foliar así como el de evaluar cinco productos comerciales: Alubion-X, Afimax, Serenade Soil, Vigold y Tega, para el control del paño en tubérculos. Al aplicar los postulados de Koch, se logró confirmar que el agente que produce los síntomas de paño, y tizón foliar, es *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes. Los resultados de la evaluación de productos para control de la enfermedad, indica que los productos Tega y Vigold disminuyeron la incidencia de la enfermedad. En los parámetros número y peso de tubérculo, y severidad sólo se encontró diferencia numérica, sin embargo, también se encontró que los tratamientos superaron a los testigo, es decir, la aplicación de fungicidas favoreció el comportamiento del cultivo.

Palabras clave: Papa, *Solanum tuberosum*, Paño, tizón foliar, *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes, Fungicidas, Agente causal.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es importante a nivel mundial y nacional. Debido a que es una fuente de alimento para la población, y a que aporta nutrientes, otro aspecto importante es que durante su producción, proceso y comercio se convierte en una fuente de empleo para las personas y por consecuencia mejora la economía de los habitantes y de las regiones donde se cultiva.

Durante el proceso de producción se presentan plagas y enfermedades que limitan la cantidad y la calidad del producto, lo que se ve reflejada en las pocas ganancias económicas del productor. Una de las enfermedades más importantes es el Tizón tardío el cual es causado por el alga fitopatógena *Phytophthora infestans* Mont. Debarry. Otra enfermedad importante es el Tizón temprano en el cual el hongo que causa la enfermedad es *Alternaria solani* (Ell y G. Martón) Sor. Ataca a hojas, tallos y tubérculos; los mayores daños se presentan sobre el follaje. Una enfermedad de gran impacto sobre el rendimiento y la calidad de los tubérculos es el paño de tubérculo, cuyo agente causal no se conoce con certeza, éste provoca amarillamiento, atizonamiento y marchitez en el follaje, además de producir manchas negras en los tubérculos, provocando que el consumidor desprecie este producto.

Los agricultores que siembran este cultivo en el estado de Coahuila y Nuevo León confunden los síntomas con los reportados para sarna plateada (*Helminthosporium solani* (Dur. & Mont.).

Por lo anterior es importante identificar el agente causal de esta enfermedad y establecer un programa de control utilizando fungicidas para su combate. Por este motivo en este estudio se hizo la investigación de la enfermedad bajo los siguientes objetivos: Identificar el agente causal de paño y tizón foliar, así como evaluar productos sintéticos y orgánicos en el control del mismo para hacer recomendaciones pertinentes.

OBJETIVOS

- Identificar el agente causal del paño del tubérculo y tizón foliar de la papa en los estados de Coahuila y Nuevo León.
- Evaluar productos sintéticos y orgánicos en el control del paño del tubérculo y tizón foliar de la papa.

HIPÓTESIS

- El agente causal del paño del tubérculo y tizón foliar es *Colletotrichum coccodes*.
- Al menos uno de los productos usados como tratamientos controla el paño del tubérculo y tizón foliar.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivo de la Papa

La papa es una planta que fue domesticada por los Incas o civilización Pre inca, así lo indican los datos antropológicos consistentes en hallazgos de tasa y vasijas de barro semejando al tubérculo de papa que datan de 2500 años antes de cristo (UAAAN, 1997).

La papa pertenece a la familia de las solanáceas que incluye a especies tan distintas como la berenjena (*Solanum melongena*), pimiento (*Capsicum* spp), tomate (*Lycopersicum esculentum*), tabaco (*Nicotiana tabaccum*). La mayoría de las papas cultivadas comercialmente pertenecen a la especie *Solanum tuberosum*. Son plantas herbáceas que producen tubérculos que son parte comestible (Alonso, 2002).

La producción de papa ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, importancia superada solamente por el arroz, trigo y maíz. En la producción de alimentos y por su importancia económica, es la planta que se siembra en mayor extensión entre los cultivos que se reproducen vegetativamente. Generalmente tiene un ciclo vegetativo más corto que los cereales como son trigo, maíz y arroz que en caso de necesidad se puede consumir en etapas muy tiernas, es decir, en pleno crecimiento (UAAAN, 1997).

Morfología

La papa es una planta anual de tipo herbácea arbustiva. Alcanza una altura entre 40 y 80 cm. Está constituida por las siguientes partes:

- 1) Raíces: Las raíces de la planta de papa son de tipo adventicias. La papa se propaga por tubérculos. En suelos arcillosos las raíces profundizan menos que en suelos arenosos. La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 40 centímetros del suelo.

2) Tallos: La papa produce un tallo normal de tipo herbáceo, erecto, un poco vellosos, y con ramificaciones no muy desarrolladas.

3) Tubérculos: Además del tallo normal, la papa produce en la tierra tallos modificados, que se llaman tubérculos. El tallo empieza como un estolón que se engrosa por la punta y que luego forma el tubérculo.

4) Hojas: Estas son del tipo compuesto, con varios folíolos opuestos y uno grande como terminal. Las hojas son un poco vellosas. En las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen de las yemas vegetativas.

5) Flores: La inflorescencia de la papa es de tipo cima, compuesta de terminal con pedúnculos largos. La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral.

6) Frutos: Son redondos, suaves, con un diámetro de aproximadamente 2 cm. Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas (Parsons *et al.*, 1982).

Fisiología

El desarrollo y el crecimiento de la papa dependen, principalmente, de factores genéticos y de condiciones ambientales. El ciclo de vida es de 3 hasta 5 meses.

La propagación de la papa se puede hacer con semillas obtenidas de las flores o con semillas de los tubérculos. La primera es la reproducción botánica, que se usa sólo para el fitomejoramiento del cultivo. En la producción normal, la papa se siembra a partir de la semilla del tubérculo, y la cosecha se efectúa antes de que la planta haya formado frutos.

La tuberización, o formación de tubérculos, es un proceso de almacenaje de alimentos en un tallo subterráneo, modificado para la reproducción vegetativa. El tallo subterráneo empieza a engrosarse en el ápice por la acumulación de nutrientes, especialmente almidón. En este proceso influye el

factor genético de la planta y los cambios en las condiciones climatológicas (Parsons *et al.*, 1982).

Taxonomía

Báez, 1993 y Mier, 1986 (citados por Cepeda y Gallegos, 2003) ubican al cultivo de la papa dentro de los siguientes niveles taxonómicos:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embryophyta
División:	Spermatophyta
Tipo:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledón
Subclase:	Gamopétala
Orden:	Tubiflora
Familia:	Solanaceae
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Solanum</i>
Subgénero:	<i>Pachyteromum</i>
Sección:	Tuberarium
Subsección:	Hyperbasartrum
Especie:	<i>Tuberosum</i>

Importancia Mundial

Corral, 1952 (citado por Cepeda y Gallegos, 2003) menciona que el género *Solanum* contiene alrededor de 2000 especies extendidas por todo el mundo, excepto en las regiones polares Sur y Norte, con una fuerte concentración de diversidad de especies en América del Sur, Centroamérica y Australia.

Algunos países como Inglaterra, Holanda y Alemania utilizan la papa como alimento básico (Maldonado, 1982; citado por Cepeda y Gallegos, 2003). Hooker, 1980 (citado por Cepeda y Gallegos, 2003) reporta que el cultivo se halla ampliamente distribuido en el mundo y puede encontrarse en Inglaterra, Holanda, China, Suecia, Alemania, Francia, CEI, Argelia, Estados Unidos, Canadá, Irlanda, Polonia, Perú, Bolivia, Ecuador y México.

Por otra parte, Velázquez, 1989 (citado por Cepeda y Gallegos, 2003) menciona que el cultivo puede ser el más importante a nivel mundial y por los altos rendimientos que produce por unidad de superficie y por el alto consumo en la alimentación humana.

Los principales países productores por su superficie cosechada son: China, Rusia, India Ucrania, Estados Unidos. Los que sobresalen por su alto rendimiento son: Nueva Zelanda, Bélgica, Holanda, Alemania y Bélgica con un rendimiento superior a 44 ton/ha (FAO, 2012).

Importancia Regional y Nacional

En México, la papa tiene gran importancia económica y alimentaria. Los principales estados productores son: Sonora, Sinaloa, Veracruz, Puebla, México, Nuevo León, Zacatecas, Guanajuato, Coahuila y otros que tienen menor superficie cultivada. Entre los que sobresalen por su rendimiento por hectárea son Zacatecas y Guanajuato con valores de 40.92, 39.51, 38.2 ton/ha respectivamente (SIAP, 2012)

Aunque la tecnificación de este cultivo en México es relativamente reciente, ya se encuentra en muy buen nivel. En los estados de Coahuila y Nuevo León, se siembran 662 y 3,989 ha respectivamente con rendimientos de aproximadamente 36 ton/ha (SIAP, 2012).

Utilización de la papa

La mayoría de la papa producida en el mundo se consume en fresco, pero en los países más desarrollados cada vez es más alto el porcentaje de papas que se transforman de una u otra manera para su aprovechamiento posterior en los diferentes usos que se le da. La papa también sirve de materia prima en otras transformaciones industriales. El almidón se emplea en diferentes industrias alimentarias. Otro uso que se le da a este tubérculo es para fabricar aguardientes como el vodka, que es alcohol de fécula de papa (Alonso, 2002).

Valor nutritivo de la papa

La papa es un tubérculo cuyo valor nutritivo ha sido subestimado. La papa aporta más nutrientes que energía al organismo. Resumiendo, la papa es una fuente de vitaminas, proveyendo cerca del 40% de la dosis diaria recomendada para la vitamina C. También contiene vitaminas del complejo B.

La materia seca en la papa representa alrededor del 24% de su peso; el resto es agua.

Carbohidratos: La mayor parte de la materia seca del tubérculo se encuentra en forma de almidón, azúcares y polisacáridos no almidones.

Compuestos de Nitrógeno: Constituyen el segundo componentes de la papa, con 3 a 15% de la materia seca (éstos se incrementan con la madurez del tubérculo).

Lípidos: El porcentaje de lípidos o grasa cruda en la papa “en fresco” es muy bajo.

Vitaminas: La papa contiene cantidades significativas de vitamina C (ácido ascórbico y dehidroascórbico), además de otras vitaminas hidrosolubles, como tiamina y vitamina B6.

Minerales: Posee potasio, especialmente en la piel y cantidades moderada de fósforo, cloro, azufre, magnesio y hierro (Alonso, 2002).

Enfermedades de la papa

Las enfermedades, plagas y condiciones ambientales desfavorables, producen pérdidas económicas en el cultivo de la papa. La prevención de la aparición de una enfermedad así como la de su desarrollo y dispersión es un factor de mucha importancia para tener éxito en la producción de papas (Alonso, 2002).

Las enfermedades causadas por hongos en el cultivo de papa en la República Mexicana son de suma importancia por los daños que producen. Las enfermedades fungosas que con más frecuencia se presentan en México son: tizón tardío, tizón temprano, *Rhizoctonia* o rhizoctoniasis, paño o también conocido punteado negro (UAAAN, 1997).

Tizón tardío, *Phytophthora infestans* Mont. Dby forma manchas en las hojas irregularmente circulares que al principio son de color verde desteñido tirando a castaño. En el tallo, se observan manchas alargadas de mismo color que en las hojas. En los tubérculos, ataca en general una superficie irregular en forma y tamaño y se puede observar una alteración del color de la corteza. El Tizón temprano, *Alternaria solani* (Ell y G. Martón) Sor, ataca a hojas, tallos y tubérculos; los mayores daños se presentan sobre el follaje. En las hojas atacadas se observan manchas oscuras anilladas irregularmente con bordes angulares limitados por las nervaduras. Antes de las lesiones suele aparecer un halo amarillo, ésta avanza hasta el pecíolo y se produce la defoliación que va de las hojas inferiores a las superiores (UAAAN, 1997).

Rhizoctonia o costra negra: La enfermedad es provocada por el hongo *Rhizoctonia solani* (Kun). La enfermedad causa pudrición. Se forman lesiones negras en la base de los tallos. También se forman costras negras en los tubérculos (Parsons *et al.*, 1982). Los síntomas más frecuentes se observan en

la plántula, los cuales producen lesiones hundidas o chancros, pudrición del cuello de la raíz, que invade la porción del hipocotilo y las raíces. (Campos, 1987, citado por Cepeda y Gallegos, 2003). Para el control de esta enfermedad se debe evitar la siembra bajo condiciones frías, se trata a las semillas de papa con fungicidas, y se usa una rotación de cultivos de cuatro hasta cinco años (Parsons *et al.*, 1982).

Una de las enfermedades más importantes de la papa que afecta a todas las partes de la planta es el paño, también conocido como antracnosis (Uribe y Loria, 1994).

Paño del tubérculo

También conocido como punteado negro es una enfermedad caracterizada por manchas en el tubérculo y en el follaje de la papa causado por el hongo *Colletotrichum coccodes* (sinónimos *C. atramentarium* y *C. phomoides*) (Lees y Hilton, 2003). *C. coccodes* primero se introdujo como *Chaetomium coccodes* Wallr. (Wallroth, 1833) como un hongo que se encontraba en la papa en Alemania y fue subsecuentemente transferido al género *Colletotrichum* por Hughes (1958) (Citados por Liu, Hyde, y Cai, 2011).

El agente causal *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes se encuentra comúnmente sobre los tubérculos utilizados para semilla (Uribe y Loria, 1994). *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes es un hongo que se caracteriza por el desarrollo de esclerocios negros pequeños, conocidos como punteado negro y causante de la podredumbre de la papa. La infección afecta fundamentalmente a las raíces, pudiendo extenderse a las partes aéreas que están en contacto con el suelo (Tsror *et al.*, 1999; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

Los primeros reportes de la enfermedad no consideraban al punteado negro como un problema serio en la papa, el patógeno fue posteriormente descrito por Chesters y Hornby, 1965 (Citado por Lees y Hilton, 2003) como una enfermedad común pero de poca importancia en la papa. Sin embargo, se han

incrementado los reportes de la incidencia de la enfermedad y el daño causado por *C. coccodes* (Tsrer *et al.*, 1999, Citado por Lees Hilton, 2003).

C. coccodes, fue considerada una enfermedad menor a escala mundial hasta la década de 1990s, aunque ahora los informes de varios países indican un aumento de casos y un mayor impacto en la producción de papa. Esta enfermedad está siendo encontrada en papa de zonas de cultivo en México, causando infecciones aéreas y la muerte prematura de plantas (Lira *et al.*, 2006; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

La importancia relativa del punteado negro en la papa se ha incrementado, en parte debido al creciente mercado de papa fresca, papas empaquetadas, lo cual ha resultado en un incremento en la demanda de papas lavadas con una apariencia de alta calidad. Como consecuencia de esta demanda, las enfermedades que manchan la piel de las papas tal como el punteado negro, costra plateada (*Helminthosporium solani*), y costra negra (*Rizhoctonia solani*), una vez considerados de menor importancia, son ahora considerados un serio problema (Lees Hilton, 2003).

Los hongos filamentosos del género *Colletotrichum* y su teleomorfo *Glomerella* son considerados patógenos de importancia en todo el mundo. Pueden causar daños económicos a cultivos en regiones tropicales, subtropicales, y templados. Los cereales, leguminosas, ornamentales, hortalizas y frutales pueden ser seriamente afectados por éstos patógenos (Bailey and Jeger, 1992.; Citado por Freeman, Katan, y Shabi, 1998).

C. coccodes ha sido aislado de muchas plantas pero es principalmente encontrado en Solanáceas y Cucurbitáceas (Mordue, 1967; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010). Los principales hospederos de importancia económica son el jitomate (*Lycopersicum esculentum*) y la papa (*Solanum tuberosum*).

El punteado negro es común en la mayoría de las áreas de cultivo en el mundo y puede causar hasta un 30% de reducción en el rendimiento en cultivares susceptibles (Nitzan, Evans, y Johnson, 2006)

En el campo, la infección de las plantas de papa por *C. coccodes* pueden estar asociado con inóculos provenientes del suelo, tubérculo y del aire por sí solo o juntos en combinaciones diferentes (Tsrer, 1999; citado por Nitzan, Evans, y Johnson, 2006). En el caso de papa, originalmente se creía que la transmisión del hongo era principalmente a través del tubérculo, pasando al suelo con la semilla contaminada y sirviendo de inóculo para posteriores cultivos. Al ser transmitido por el suelo puede interactuar con otros hongos, aumentando así la expresión de los síntomas y la reducción del rendimiento de la papa (Johnson, 1994; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010). Sin embargo, recientes investigaciones indican que por las infecciones foliares, *C. coccodes* también podría ser clasificado como un patógeno aéreo. (Tsrer *et al.*, 1999; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

El consenso en la literatura es que los inóculos transmitidos por el suelo y tubérculo son las principales fuentes de inóculo para el desarrollo del punteado negro en las plantas de papa. Sin embargo, la infección por aire puede ser un importante contribuyente para el inicio y desarrollo de la enfermedad. En regiones semiáridas, las tormentas de arena y los sistemas de riego por aspersión son comunes, de ahí que haya un alto potencial para la infección foliar, ya que las tormentas de arena son capaces de provocar heridas en el follaje, mientras que el riego por aspersión disemina las conidios y esclerocios mediante salpicaduras y contribuye con los requerimientos de alta humedad relativa del inóculo para la germinación e infección (Nitzan, Evans y Johnson, 2006).

Los tubérculos de papas infectados son la principal fuente de diseminación del patógeno. Cuando tales tubérculos son plantados en suelos vírgenes, estos tubérculos infestan los suelos y finalmente el suelo se convierte en un transmisor (Tsror, 2000; citado por Nitzan *et al.*, 2009). El suelo y los tubérculos son las fuentes de inóculo que inician la enfermedad y el inóculo proveniente del suelo es el más agresivo de los dos (Nitzan *et al.*, 2005; citado por Nitzan *et al.*, 2009) La infección de las plantas ocurre en los órganos subterráneos relativamente al inicio de la temporada sin síntomas evidentes de clorosis o necrosis en el follaje (Andrivon *et al.*, 1998; citado por Nitzan *et al.*, 2009).

Los tubérculos semilla infectados pueden ser un importante medio de introducción del patógeno a nuevas áreas de producción y pueden resultar en infecciones en las plantas en las primeras fases de crecimiento (Barkdoll y Davis 1992; citado por Johnson, Rowe, y Cummings, 1997).

Posición taxonómica

El hongo causante del paño y tizón foliar tiene la siguiente taxonomía (CABI, 2010; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010):

Reino:	Fungi
Phylum:	Ascomycota
Clase:	Ascomycetes
Subclase:	Sordariomycetidae
Género:	<i>Colletotrichum</i>
Especie:	<i>Coccodes</i>

Descripción morfológica

De acuerdo con Mordue (1967; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010), los conidios son cilíndricos con terminación obtusa, hialinos, sin septos (Figura 1a). Los apresorios son elípticos, irregularmente lobulados (Figura 1b).

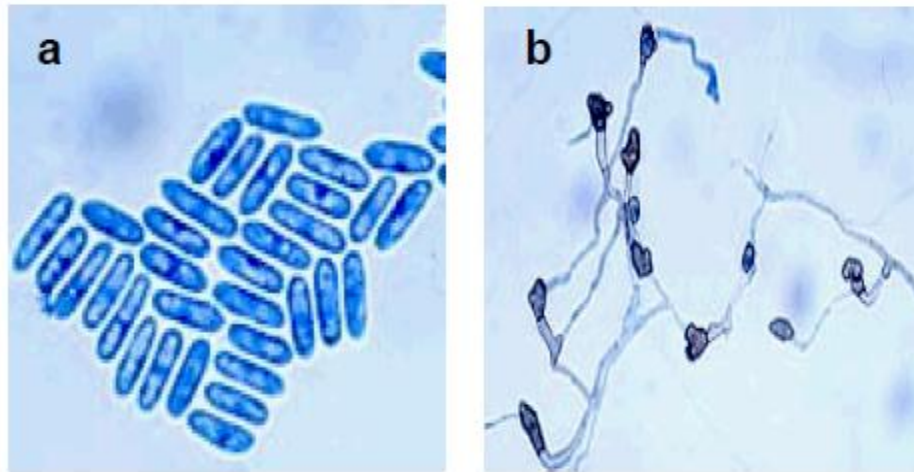


Figura 1. Estructuras morfológicas de *C. coccodes*. a) Conidios y b) Apresorios (Ellis, 2005; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

Los acérvulos son producidos sobre los tallos, raíces. El tejido acervular es intra y subepidermal, rompiendo la pared celular epidermal más externa del hospedante (McIntyre y Rusanowski, 1975; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010). El tamaño y forma de los esclerocios son variables. Los esclerocios consisten de tres zonas: 1) la externa, capa esclerotizada; 2) la media, capa plectenquimatosa; y 3) la interna, medula (Figura 2) (Tu, 1980; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).



Figura 2. Esporas de *C. coccodes* (Zitter, 1989 y Ellis, 2005: citados por SAGARPA y SENASICA, 2010).

Daños y síntomas

En la Papa (*Solanum tuberosum* L.) el daño se caracteriza por el desarrollo de esclerocios pequeños, negros y abundantes producidos sobre los tubérculos, raíces y tallos, por arriba y por debajo del suelo (Lees y Hilton, 2003; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

El hongo causa pudrición de los tejidos vegetales que están debajo del suelo y amarillamiento y marchitez del follaje. Esta enfermedad puede inducir una declinación temprana de plantas, producción de tubérculos descoloridos y reducción de cosechas. *C. coccodes* también puede causar una pudrición de la parte terminal de los tubérculos, el cual es más prevalente cuando hay periodos largos, secos y cálidos en otoño que prolongan el crecimiento del cultivo (Harrison, 1963; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

Los síntomas incluyen amarillamiento y marchitez del follaje, pudrición de raíces, tallos subterráneos y estolones, y eventualmente la planta muere (Dillard, 1992; citado por Tsor, 2004). Los síntomas pueden ser confundidos con síntomas causados por otros patógenos que producen marchitez y es frecuentemente parte del síndrome de la muerte temprana. Conforme los tallos se secan, pequeños esclerocios negros se desarrollan externa e internamente en la planta vieja y el tejido vegetal muerto, en raíces y tallos en

descomposición, y en estolones y tubérculos hijos (Read y Hide, 1995; citado por Tsor, 2004). En los tubérculos la enfermedad produce una mancha parduzo-grisácea que desvirtúa su apariencia. Estas manchas son usualmente superficiales, pero si la infección es extensiva puede causar que los tubérculos se arruguen o se encojan (Read, 1991; citado por Tsor, 2004).

Schemiedeknecht (1956; citado por Andrivon, Lucas, C., y B, 1998) indicó que el hongo era capaz de colonizar raíces y estolones hasta 20 cm desde la planta madre, comparó las diferencias entre diversos cultivares y encontró que las raíces fueron los órganos más susceptibles. Esto fue confirmado posteriormente por Komm y Stevenson (1978; citado por Andrivon, Lucas, C., y B, 1998), quienes encontraron que *C. coccodes* podría invadir hasta 93% de la longitud del sistema radicular.

Las partes subterráneas de las plantas de papa son infectadas relativamente en la etapa temprana pero estas infecciones iniciales no resultan en síntomas cloróticos o necróticos (Nitzan, Evans y Johnson, 2006); Cullen, Lees, Toth, y Duncan, 2002). Conforme las plantas entran a la etapa de llenado de los tubérculos y el follaje empieza a envejecer (Miller y Hopkins, 2008; citados por (Nitzan, Cummings, y Johnson, 2008), el patógeno coloniza los tallos aéreos (Nitzan, Evans y Johnson, 2006). Al final del ciclo, los esclerocios son visibles en las raíces, estolones y tallos (Nitzan, Cummings y Johnson, 2008).

La infección por *C. coccodes* no sólo afecta la calidad y rendimiento de las papas para semilla y consumo, también es una fuente importante de inóculo para las futuras plantas que se originarán a partir de los tubérculos semilla (Johnson *et al.*, 1997; citado por Cullen *et al.*, 2002) y para aquellas plantas sanas que sean plantadas en esos suelos ya que *C. coccodes* sobrevive libre en el suelo o en restos de plantas colonizadas por al menos 2 años y hasta 8 años en campos de cultivo (Dillard y Cobb, 1993; citado por Cullen *et al.*, 2002).

Control

El hongo que causa el paño sobrevive entre cultivos sucesivos en restos de plantas infectadas y en el suelo. El control de malas hierbas es muy importante, puesto que el patógeno tiene una amplia gama de plantas susceptibles. (Stevenson, 2000; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

Las recomendaciones para el control de paño o punteado negro de la papa incluye rotación de cultivo durante 3 o 4 años donde se excluya cultivos de la familia de las Solanáceas, selección de suelos bien drenados (Zitter *et al.*, 1989; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010), eliminación de malezas hospedantes (Raid y Pennypacker, 1987; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010)), uso de cultivares resistentes (Barksdale y Stoner, 1981; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010), uso de tubérculos limpios para la siembra (Zitter *et al.*, 1989; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010), aplicación de fungicidas (Dillard *et al.*, 1991; citado por SAGARPA y SENASICA, 2010).

El éxito de la rotación de cultivos, uno de los métodos para controlar enfermedades, depende del uso de plantas no hospederas y del tiempo corto de sobrevivencia del hongo que produce la enfermedad en la ausencia de plantas hospederas (Emmond y Ledingham, 1972).

Hay poca evidencia que muestre que la rotación de cultivos pueda ser exitosa para el control del punteado negro. Por ejemplo, Dillard y Cobb (1998) (citados por Lees *et al.*, 2010) mostraron que el 92% de los esclerocios de *C. coccodes* enterrados a 20 cm bajo la superficie del suelo fueron viables después de 8 años. Similarmente, Cullen *et al.*, (2002) (citados por Lees *et al.*, 2010) fueron capaces de detectar *C. coccodes* en campos del Reino Unido naturalmente infestados en donde no se habían plantado papas por 5, 8 y 13 años.

Hide y Read (1991; citado por Lees *et al.*, 2010) demostraron que los cultivos previos no afectaron la incidencia del punteado negro. Por lo tanto, de las medidas de control disponibles para los agricultores, el plantar semillas sanas y evitar campos de cultivo contaminados son los más importantes.

Las variedades de papas varían en cuanto a susceptibilidad. Tsor *et al.*, 1999 (citado por Nitzan *et al.*, 2009) registraron variación en rendimiento, colonización del tallo e infección del tubérculo entre cuatro variedades de papa. Sin embargo, a la fecha, la resistencia al punteado negro, en la cual el desarrollo del hongo esté restringida completamente o en algún grado no ha sido reportado en el germoplasma de papa (Nitzan *et al.*, 2009). Sin embargo, el uso de cultivares tolerantes a *C. coccodes* pueden prevenir el desarrollo de la enfermedad en el campo (Read y Hide, 1988; citados por (Nitzan *et al.*, 2002).

Read y Hide, 1995 (citado por Cullen *et al.*, 2002) probaron fungicidas contra el punteado negro y encontraron cierta efectividad contra *C. coccodes in vitro* y cuando se aplicó a tubérculos bajo condiciones de cultivo fallaron para controlar la enfermedad (Read y Hide, 1995; citado por Cullen *et al.*, 2002).

Andrinov, *et al.*, (1997), probaron 8 fungicidas para evaluar la efectividad en el control de aislados de *C. coccodes in vitro*, cada químico mostró un patrón distinto. Se obtuvo una inhibición completa del crecimiento sólo con el imazalil a la mayor concentración que se probó (100 mg L⁻¹), mancozeb redujo la tasa de crecimiento diario.

Los factores agronómicos que incluyen rotación de cultivos, selección del cultivar, manejo del suelo y labranza, irrigación, aplicación de fungicidas, destrucción de restos de cultivo y almacenamiento tienen una profunda influencia en la incidencia y severidad de las enfermedades (Jeger *et al.*, 1996).

Las estrategias para el control de *C. coccodes* incluyen aplicaciones de fungicidas sobre los tubérculo semilla antes de la siembra, el uso de tubérculos

libres de la enfermedad (Denner, *et al.*, 1997; citado por Nitzan *et al.*, 2002) y la fumigación del suelo (Denner *et al.*, 1998; citado por (Nitzan *et al.*, 2002).

Identificación y Aislamiento de Hongos

La observación de los síntomas constituye el primer paso para el diagnóstico. Esta observación es especialmente útil si se examina personalmente los síntomas, en las plantas enfermas y en el lugar donde éstas se encuentran (CIAT, 1981)

Al identificar las enfermedades de plantas, es recomendable aislar los microorganismos que son posibles agentes patógenos. Para lograr este objetivo, los microorganismos (principalmente hongos y bacterias) se aíslan en medios de cultivo artificiales, con el fin de purificarlos y estimular su esporulación para la producción de inóculo. Éste se utiliza en la inoculación de plantas para reproducir síntomas, paso necesario en la identificación de patógenos. La identificación de un hongo se basa en el estudio de sus estructuras vegetativas (micelio, haustorios) y reproductoras (esporas, cuerpos fructíferos) (Cifuentes, 1990).

Cuando un patógeno se encuentra en una planta enferma, puede ser fácilmente identificado utilizando manuales especializados; en caso de que se tenga la certeza de que el patógeno es la causa de la enfermedad, podrá considerarse entonces que ha concluido el diagnóstico. Sin embargo, en caso de que sea probable que el patógeno represente la causa de la enfermedad, pero que no existan registros anteriores que apoyen esa suposición, tendrán que considerarse los siguientes puntos para comprobar la hipótesis de que el patógeno es la causa de esa enfermedad:

1. El patógeno debe encontrarse asociado con la enfermedad en todas las plantas enfermas que se examinen.
2. El patógeno debe aislarse y desarrollarse en un cultivo puros en medios nutritivos y se deben describir sus características (parasito no obligado),

o bien debe permitirse que se desarrolle sobre una planta hospedante susceptible (parasito obligado) y registrar su presencia y los efectos que produzca.

3. El patógeno que se desarrolle en un cultivo puro debe ser inoculado en plantas sanas de la misma variedad o especie en que apareció la enfermedad y debe producir la misma enfermedad en las plantas inoculadas.
4. El patógeno debe aislarse una vez más en un cultivo puro y sus características deben corresponder a las anotadas en el segundo punto. En caso de que los puntos mencionados (comúnmente conocidos como postulados de Koch) se cumplan, se tendrá la certeza de que el patógeno aislado es el agente causal de la enfermedad (Agrios, 2006).

Aislamiento: Para lograr el estudio e identificación de los organismos causantes de las enfermedades, Koch desarrollo medios de cultivos para el aislamiento de microorganismos y el método de extensión en placa para la obtención de cultivos puros. Winogradsky y Beijerinck desarrollaron una técnica denominada cultivo de enriquecimiento, que carece de nitrógeno combinado pero que contiene el resto de los nutrientes (Byong, 2000). Sin embargo en la actualidad no se conoce un medio de cultivo universal capaz de favorecer el desarrollo de todos los microorganismos.

Los hongos fitopatógenos, en la mayoría de los casos, se pueden aislar en medios adecuados que favorezcan su crecimiento y reproducción. Los caracteres morfológicos de esporas asexuales y sexuales se han utilizado como la base para su identificación y diferenciación en las especies (Narayanasamy, 2008).

Para el diagnóstico del agente causal del paño de la papa y tizón foliar es necesario recurrir al uso de diversas metodologías que nos permitan aislarlo en medios de cultivo artificiales, para su posterior purificación e identificación, y poder proporcionarle al productor un paquete tecnológico de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se realizó en dos etapas, la primera consistió en evaluar 7 tratamientos para el control de paño del tubérculo y tizón foliar; los tratamientos consistieron de 5 fungicidas y 2 testigos. En la segunda etapa se identificó el agente causal aplicando los postulados de Koch.

Descripción del Sitio Experimental.

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ubicada al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila a una altura de 1742 msnm en las coordenadas 25° 23' latitud norte y 100° 01' latitud oeste del meridiano de Greenwich. El experimento de campo se estableció durante los meses de enero a mayo del 2014, en el invernadero del Departamento de Parasitología Agrícola. La identificación del agente causal se realizó en el laboratorio de Parasitología Molecular, del mismo departamento.

Obtención del Material Vegetal

Para llevar a cabo el estudio de la enfermedad del paño del tubérculo de la papa y del tizón foliar, se utilizaron tubérculos de papa de la variedad Caesar, con síntomas del paño, las cuales fueron obtenidas de un lote comercial, del rancho Tokio, localizado en el Municipio de Galeana, Nuevo León.

Combate del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar

El procedimiento que se siguió para el control de paño del tubérculo y tizón foliar en condición de invernadero consistió en seleccionar 72 tubérculos con síntomas de paño y 12 que no mostraban síntomas que se utilizaron como testigo absoluto.

Para la siembra se realizó la preparación de surcos en una cama de ocho metros de largo por un metro de ancho tomando 80 cm para cada repetición. Se distribuyeron los siete tratamientos cada uno con 3 repeticiones; cada repetición estaba conformada de cinco tubérculos sembrados a una distancia de 15 cm. obteniéndose así un diseño en bloques al azar.

Aplicación de tratamientos: Para la aplicación de los productos se prepararon las soluciones y se asperjaron uniformemente con un atomizador de un litro, esto se hizo una vez que los tubérculos estaban colocados en los surcos, posteriormente se cubrieron con tierra.

Lista de tratamientos: Los productos utilizados para el control del paño de tubérculo y del tizón foliar fueron: Alubion-X, Afimax, Serenade Soil de origen orgánico, y. Vigold y Tega productos sintéticos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Productos utilizados para el control del paño de tubérculo y tizón foliar.

No. de tratamiento	Producto	Ingrediente Activo	Dosis	ml o g/litro
1	Testigo absoluto			
2	Testigo infectado			
3	Alubion-X	<i>Bacillus subtilis</i>	2 l/ha	11ml
4	Afimax	Alcamidas	2 l/ha	11ml
5	Serenade Soil	<i>Bacillus subtilis</i>	5 kg/ha	14g
6	Vigold	Fluoxastrobin	2l/ha	11ml
7	Tega	Trifloxystrobin	1.5l/ha	6.8ml

Variables Evaluadas

Control de la Enfermedad Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar

Para evaluar esta variable se utilizaron los parámetros de incidencia y severidad de paño del tubérculo y tizón foliar.

Incidencia: es el número de tubérculos con síntomas, expresado como porcentaje del número total.

Severidad: se hizo evaluando visualmente la porción de tejido de los tubérculos afectados expresada como porcentaje del área total. Para la evaluación de éste parámetro, se utilizó la escala propuesta por Campbell 1991.

Cuadro 2. Escala para evaluación severidad de paño para el análisis visual de tubérculos.

Escala	Enfermedad (% de severidad)	Punto medio
0	0	0
1	0-3	1.5
2	3-6	4.5
3	6-12	9.0
4	12-25	18.5
5	25-50	37.5
6	50-75	62.5
7	75-88	81.5
8	88-94	91.0
9	94-97	96.5
10	97-100	98.5
11	100	100

Fuente: Campbell, 1991.

Producción

La variable de producción de tubérculos se midió con los parámetros número de tubérculos y peso.

Número de tubérculo: Para hacer la evaluación se contaron los tubérculos de los diferentes tratamientos.

Peso de tubérculos: se pesaron los tubérculos con presencia y ausencia de síntomas.

Análisis Estadístico

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con 7 tratamientos, constituidos cada uno por tres repeticiones. El modelo estadístico es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta

μ : Efecto de la media

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j : Efecto del j-ésimo tratamiento

ε : Efecto del error experimental

Con los datos que se tomaron en la evaluación de los tratamientos para el control de la enfermedad paño del tubérculo de la papa se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias usando el método de Tukey con el programa SAS para detectar cuál tratamiento fue el que controló más la enfermedad.

Como los datos de incidencia y severidad estaban en porcentaje, se transformaron antes de hacer el análisis de varianza usando la siguiente

fórmula: $\text{arc seno } \sqrt{\frac{x}{100}}$.

Identificación del Agente Causal del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar.

Toma de muestra: Para realizar la identificación del agente causal se tomó una muestra de un tubérculo con síntomas de paño del tubérculo y tizón foliar, de la variedad Caesar, proveniente del lote comercial del rancho Tokio, localizado en el Municipio de Galeana, Nuevo León.

Aislamiento: El aislamiento del patógeno se llevó a cabo desinfectando con hipoclorito al 2% cortes pequeños de 5 a 10 mm² del tubérculo a partir del borde de la lesión infectada, a fin de que tuviera tejido enfermo y tejido aparentemente sano, posteriormente se pasó por tres cambios de agua estéril, se dejó secar en papel sanita estéril y por último se colocó sobre el medio de cultivo de PDA 2 trozos del tejido enfermo. Se incubaron las cajas Petri a una temperatura de 25°C por cuatro días.

Purificación e identificación: A partir de los trozos sembrados se observó el crecimiento del micelio del hongo, y aunque se observaba solamente un tipo de crecimiento se realizó la purificación en cajas de PDA utilizando explantes del área que tenía menos crecimiento de micelio, como se puede observar en la Figura 3.

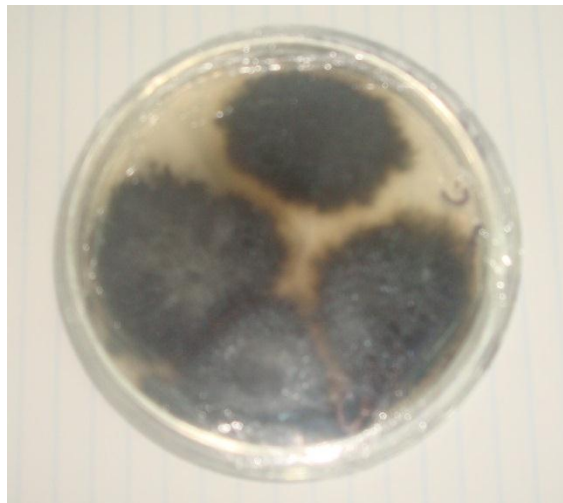


Figura 3. Crecimiento del micelio del hongo tomado de los tubérculos con síntomas de paño, UAAAN 2014.

Las cajas resembradas se colocaron en la misma cámara durante otros cuatro días a 25°C. Para realizar la identificación del hongo se utilizaron las claves taxonómicas propuestas por Barnett en 1972. En un portaobjeto se colocó una gota de azul de lactofenol, y se distribuyó una muestra de micelio, se colocó el cubreobjetos y se observó en el microscopio Olympus CX21 en los objetivos de 10X, 40X y 100X.

Preparación del inóculo: Una vez que se identificó el agente causal del paño, se agregaron 10 ml de agua destilada estéril a la caja Petri y se raspó para tomar una muestra del hongo. Posteriormente se tomó 1 ml y se colocó en una cámara de Neubauer para realizar el conteo de esporas viables. Con base al conteo se hicieron diluciones hasta obtener una concentración de esporas 1×10^6 .

Aplicación de inóculo: Para la siembra se realizó la preparación de dos surcos en un área de 1x8 m. Se seleccionaron 10 papas que no mostraban síntomas de paño. Se colocaron cinco tubérculos por surco a una distancia de 15 cm entre tubérculos con una distancia de 50 cm entre surcos. Cinco tubérculos se asperjaron con 5 ml de una suspensión de esporas (1×10^6), la inoculación se llevó a cabo con un atomizador. Los otros cinco tubérculos no se inocularon.

Variables Evaluadas

Desarrollo de la Enfermedad Paño de Tubérculo y Tizón Foliar

Para evaluar esta variable se utilizaron los parámetros de incidencia y severidad de la enfermedad en el tubérculo.

Incidencia: es el número de tubérculos con síntomas, expresado como porcentaje del número total.

Severidad: se hizo evaluando visualmente la porción de tejido de los tubérculos afectados expresada como porcentaje del área total. Para la evaluación de éste parámetro, se utilizó la escala propuesta por Campbell (Cuadro 2).

Reaislamiento: Se eligió un tubérculo con síntomas de paño provenientes de los tubérculos que fueron inoculados. El aislamiento del patógeno se llevó a cabo desinfectando con hipoclorito al 2% cortes pequeños de 5 a 10 mm² del tubérculo a partir del borde de la lesión infectada, a fin de que tuviera tejido enfermo y tejido aparentemente sano, posteriormente se pasó por tres cambios de agua estéril, se dejó secar en papel sanita estéril y por último se colocó sobre el medio de cultivo de PDA 2 trozos del tejido enfermo. Se incubaron las cajas Petri a una temperatura de 25°C por cuatro días.

Purificación e Identificación. A partir de los trozos sembrados se observó el crecimiento del micelio del hongo, y aunque se observaba solamente un tipo de crecimiento se realizó la purificación en cajas de PDA utilizando explantes del área que tenía menos crecimiento de micelio.

Las cajas resembradas se colocaron en la misma cámara durante otros cuatro días a 25°C. Para realizar la identificación del hongo se utilizaron las claves taxonómicas propuestas por Barnett en 1972. En un portaobjeto se colocó una gota de azul de lactofenol, y se distribuyó una muestra de micelio, se colocó el cubreobjetos y se observó en el microscopio Olympus CX21 en los objetivos de 10X, 40X y 100X.

Análisis de Datos

Los datos obtenidos de incidencia y severidad en la evaluación de la enfermedad paño de tubérculo y tizón foliar se promediaron para graficarlos.

Manejo del Experimento

Para dar mantenimiento el cultivo de la papa se aplicaron insecticidas para mosca blanca y fungicidas para tizón temprano con una aspersora manual de 20 litros, esto para llevar acabo el estudio de la enfermedad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Productos usados para el control de plagas y enfermedades,

Producto	Dosis	No. Aplicaciones	Intervalo
Insecticidas			
Movento	4.5ml/3 l de agua	2	7 días
Confidor	3ml/3 l de agua	2	7 días
New Leverage	20ml/4 l de agua	1	
Fungicidas			
Abecmectina	6ml/4 l de agua	1	
Cuprimicina	8 gr/4 l de agua	1	
Agrícola			
Trevanil Clorotalonil	93 ml/11 l de agua	3	7 días
Fertilizantes			
NPK (150-300-150) Gallinaza 20%	2 gr/planta	1	

UAAAN 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control del Paño del Tubérculo de la Papa y Tizón Foliar

Incidencia: Para este parámetro el análisis de varianza (Cuadro 4) muestra que fue altamente significativo para la fuente de variación tratamiento, es decir, que los tratamientos tuvieron un efecto diferente sobre la incidencia de la enfermedad. Al realizar la comparación de medias (Figura 4) se puede observar que el Testigo absoluto y el Testigo Infectado tuvieron una mayor incidencia de la enfermedad, en cambio los tubérculos obtenidos de los tratamientos Tega y Vigold mostraron una menor incidencia. Lo anterior sugiere que al no aplicar productos sobre los tubérculos que se plantan la incidencia de la enfermedad aumenta. En Sudáfrica Marais, 1990 (citado por Lees y Hilton, 2003) probó algunos fungicidas en el tratamiento de tubérculos y encontró una reducción significativa de la severidad del paño de tubérculo en comparación con el testigo.

Cuadro 4. Cuadrados medios de incidencia y severidad para el control paño, UAAAN 2014.

Fuente de Variación	GL	No. De Tubérculos	Peso	Incidencia	Severidad
Tratamiento	6	197.556 NS	0.7 NS	176.912 **	151.527 NS
Bloques	2	648.048 *	2.1 *	89.486 NS	186.133 NS
Error	12	136.103	0.4	36.027	52.3548
Total	20				
CV		26.315	23	25.939	31.8973

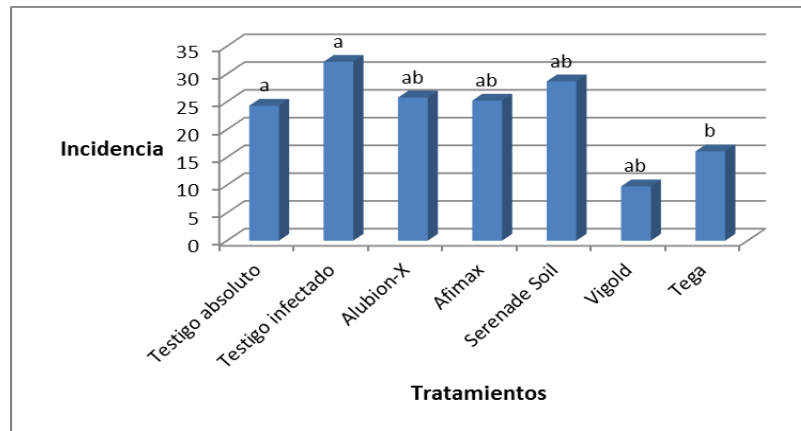


Figura 4. Comparación de medias de la incidencia paño del tubérculo, UAAAN 2014.

Severidad: Al observar el Cuadro 4 se puede notar que no hubo diferencia significativa en cuanto a tratamientos, esto significa que estadísticamente los diferentes productos evaluados no influyeron con significancia sobre la severidad. Sin embargo al observar la comparación de medias (Figura 5) se puede visualizar que los testigos absoluto e infectado mostraron una mayor severidad en comparación con los tubérculos en donde se aplicaron los tratamientos, siendo Vigold y Alubion-X los que mostraron una menor severidad. En el Reino Unido, Read and Hide, 1995 (citados por Andrivon 1997) también probaron Imazalil, Tiabendazole e Iprodione y encontraron una disminución del paño de tubérculo comparado con el testigo.

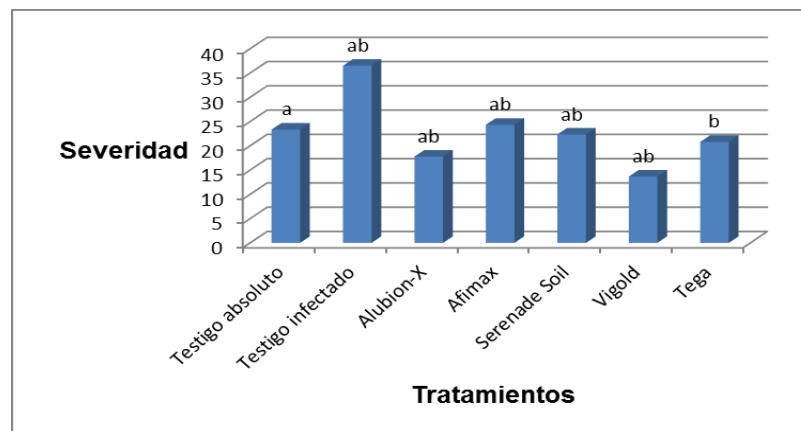


Figura 5. Comparación de medias de la severidad paño del tubérculo, UAAAN 2014.

Producción

Número de Tubérculos: El análisis de varianza no mostró significancia para este parámetro en la fuente de variación tratamiento, sólo se encontró significancia para la fuente bloques, esto significa que los tratamientos fueron iguales estadísticamente, sin embargo, al realizar la comparación de medias (Figura 6) sí se observa una diferencia numérica en donde los productos Tega, Serenade Soil y Alubion-X mostraron tener un efecto positivo sobre el número de tubérculos al controlar también el progreso de la enfermedad. Sucedió lo contrario con el testigo absoluto, en el que se aprecia una menor cantidad de tubérculos producidos. Andrivon *et al.*, (1997) probaron 8 fungicidas para medir el crecimiento de aislados de *C. coccodes* y tampoco encontraron diferencia estadística, sin embargo también encontraron un patrón distinto para cada fungicida y notaron una inhibición del crecimiento con el imazalil a altas concentraciones.

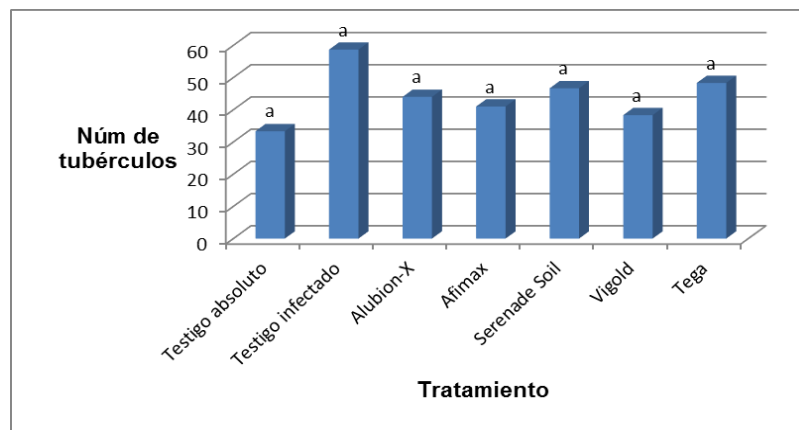


Figura 6. Comparación de medias Número de tubérculos, de la variable producción, UAAAN 2014.

Peso de Tubérculos: El análisis de varianza (Cuadro 4) muestra que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sólo se encontró significancia entre bloques. Al observar la comparación de medias (Figura 7) se puede notar que también hubo diferencia numérica, en el cual los tratamientos con Tega, Alubion-X y Serenade soil tuvieron más peso de tubérculos.

Coincidiendo que los tratamientos con mayor peso son los que obtuvieron la más alta producción de tubérculos.

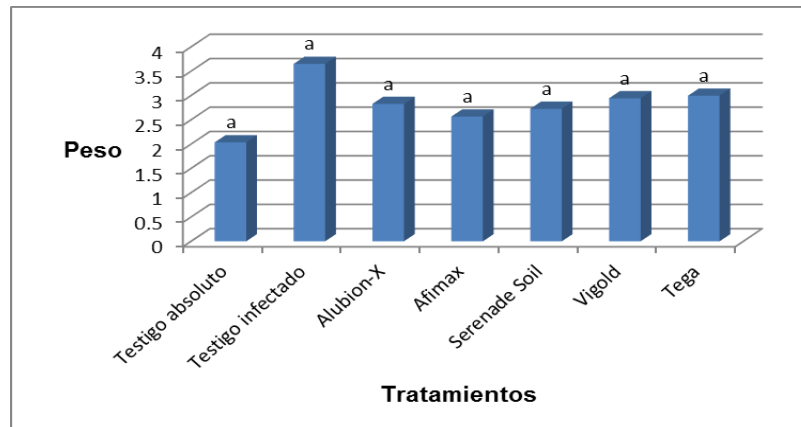


Figura 7. Comparación de medias peso de tubérculos, correspondiente a la variable producción, UAAAN 2014.

Identificación del Agente Causal del Paño de Tubérculo y Tizón Foliar

Síntomas observados en los tubérculos en campo: Los tubérculos producidos en campo mostraron manchas negras debido al desarrollo de esclerocios pequeños, negros y abundantes producidos sobre los tubérculos, tal como se observa en la figura 8.



Figura 8. Tubérculos con síntomas de paño observados en campo, UAAAN 2014.

Síntomas observados en los tallos en campo: En los tallos infectados se notan lesiones de color café a negro, el daño se produce por el desarrollo de esclerocios pequeños y negros, tal como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Tallos con síntomas de tizón foliar observados en campo, UAAAN 2014.

Descripción de síntomas en los tubérculos en el invernadero: Al cosechar los tubérculos provenientes de tubérculos inoculados se pudo observar que mostraron manchas negras en su superficie, al igual que como se observa en campo, como se aprecia en la figura 10.



Figura 10. Tubérculos con síntomas de paño provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.

Descripción de síntomas en tallos en el invernadero: Los tallos provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, mostraron lesiones de color café a negro tal y como sucede en campo. Conforme avanzó la enfermedad los tallos murieron paulatinamente, como se puede observar en la figura 11.



Figura 11. Tallos con síntomas de tizón foliar provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.

Descripción de síntomas en el follaje: La enfermedad tizón foliar en el cultivo de papa se manifestó con pequeñas lesiones de color café las cuáles se iban extendiendo conforme avanzaba la aparición de puntos negros en su interior, este daño se observó inicialmente en el haz de la hoja y conforme avanzó también afectó el envés, como se observa en la figura 12.



Figura 12. Hojas con síntomas del tizón foliar provenientes de tubérculos inoculados en invernadero, UAAAN 2014.

Con base a la observación realizada en el microscopio y a las claves de identificación de Barnett las características del hongo que se visualizaron se describen a continuación:

Observación macroscópica de aislados: Micelio: Se pudo ver el desarrollo del micelio en las cajas de PDA, observándose masas compactas de micelio de color oscuro, como se puede observar en la figura 13.



Figura 13. Micelio del hongo aislado de los tubérculos con síntomas de paño en campo, UAAAN 2014.

Descripción microscópica de aislados: Al realizar la observación en microscopio las estructuras de fructificación revelaron conidios que son cilíndricos, hialinos y aseptados, formados sobre conidióforos cilíndricos, apresorios ovados a elípticos, tal como se puede apreciar en la Figura 14.

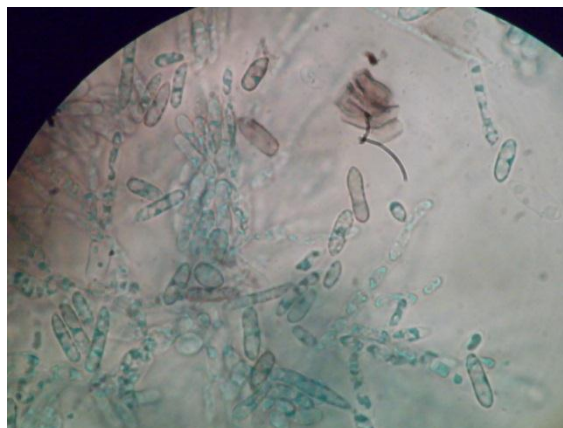


Figura 14. esporas de *Colletotrichum coccodes* observados con el microscopio, UAAAN 2014.

Reaislamiento: al sembrar una muestra de un tubérculo proveniente de tubérculos inoculados en el medio de cultivo PDA, se observó el mismo desarrollo y color del micelio tal como sucede en la figura 13, como se puede ver en la figura 15.



Figura 15. Micelio del hongo aislado de los tubérculos provenientes de inoculados, UAAAN 2014.

Al aplicar los postulados de Koch y al realizar la identificación microscópica con la ayuda de las claves de Barnett se confirmó que el agente causal de paño de tubérculo y tizón foliar es *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes.

Desarrollo de la Enfermedad Paño del Tubérculo y Tizón Foliar

Incidencia: Al realizar la gráfica, los promedios porcentajes de los tubérculos inoculados y no inoculados, mostraron diferencia numérica esto significa que se disemina por tubérculos ya que las papas que no se inocularon no presentaron síntomas de paño, tal como se observa en la figura 16.

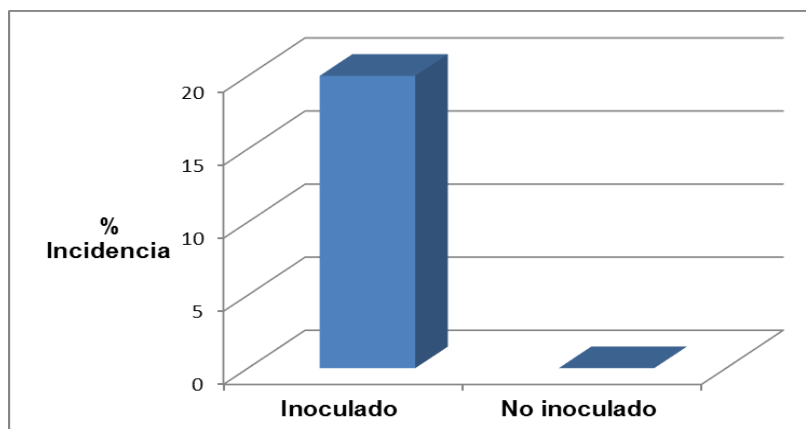


Figura 16. Promedio de porcentaje de incidencia de paño del tubérculo, inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.

Severidad: Al realizar la gráfica, los promedios porcentajes de los tubérculos inoculados y no inoculados mostraron diferencia numérica, esto significa que al realizar la inoculación aumenta el nivel de daño de paño ya que las papas que no fueron inoculados no hubo daño, como se muestra en la figura 17.

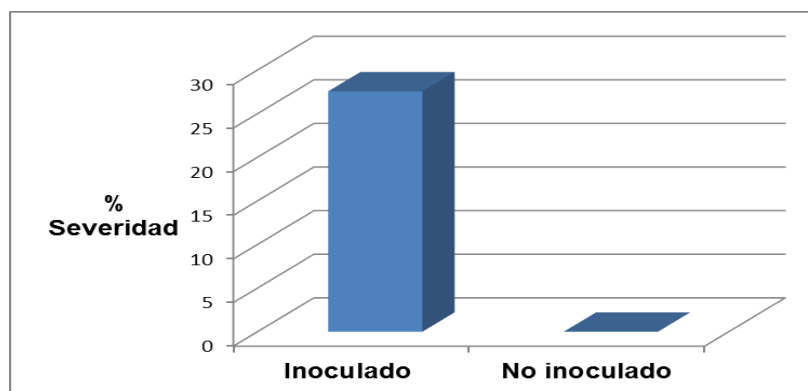


Figura 17. Promedio de porcentaje de severidad de paño del tubérculo, inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.

Producción

Número de tubérculos: Al realizar la gráfica, número de tubérculos, inoculados y no inoculados, mostraron diferencia numérica esto significa que cuando se hace la inoculación en tubérculos se presenta la enfermedad paño y

altera el metabolismo fisiológico de la planta, por lo tanto produce más en tamaños pequeños, como se puede observar en la figura 18.

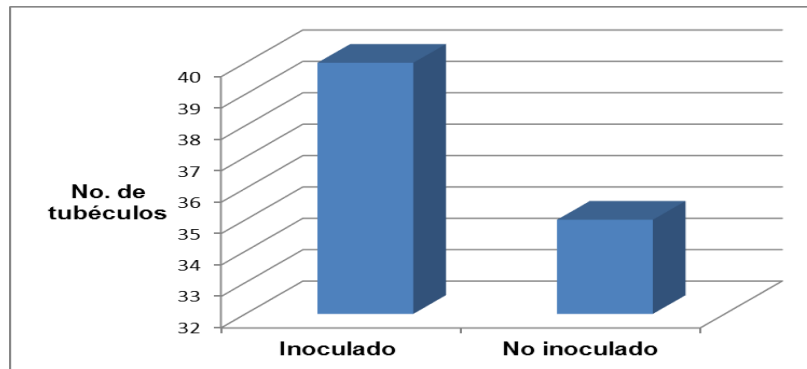


Figura 18. Número de tubérculos, producidos por tubérculos inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.

Peso: Al realizar la gráfica, los pesos de tubérculos inoculados y no inoculados, mostraron diferencia numérica esto significa que no importa si está afectado o no con la enfermedad ya que el inoculado por el peso sobresale con el inoculado, como se puede observar en la figura 19.

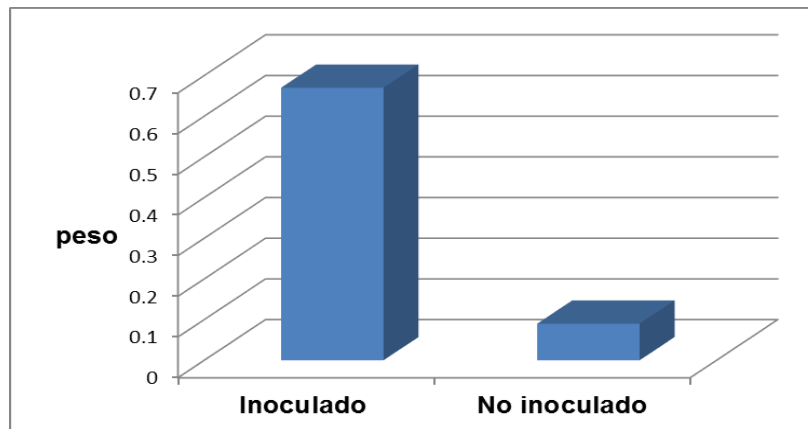


Figura 19. Peso de tubérculos, producidos por tubérculos inoculados y no inoculados, UAAAN 2014.

CONCLUSIONES

Los fungicidas evaluados mostraron un efecto positivo sobre el control de la enfermedad, Vigold a dosis de 2l/ha fue el mejor.

Se logró identificar el agente causal del paño del tubérculo y tizón foliar de la papa siendo el hongo *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes.

LITERATURA CITADA

- Agrios N. G. 2006. Fitopatología. 2ª edición. Editorial Limusa. México, D.F. 838 p 642 -658
- Agrios, G. N. 1998. Fitopatología. Universidad de Massachussets. Balderas 95, México, D. F. pp 285-290.
- Alonso, A., F. 2002. El cultivo de la patata. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 495 p.
- Andrinov, D., Ramage, K., Guérin, C., Lucas, J. M., and Jouan, B. (1997). Distribution and fungicide sensitivity of *Colletotrichum coccodes* in French potato-producing areas. *Plant Pathology*, 46, 722-728.
- Andrivon, D., Lucas, J. M., C., G., and B, J. (1998). Colonization of roots, stolons, tubers and stems of various potato (*Solanum tuberosum*) cultivars by the black-dot fungus *Colletotrichum coccodes*. *Plant Pathology*, 47, 440-445.
- Byong H. L. 2000. Fundamentos de Biotecnología de los Alimentos. Editorial Acribia. Pp. 492.
- Campbell, C.; Madden, L. 1991. Introduction to Plant Disease epidemiology. New York: A Wiley Interscience Publication John Wiley and Sons. p. 113-119.
- CIAT. (1981). Técnicas para el aislamiento, identificación y conservación de hongos patógenos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia.
- Cifuentes, R. D. (1990). Prácticas de patología vegetal. Murcia, España.
- Cullen, D. W., Lees, A. K., Toth, I. K., and Duncan, J. M. (2002). Detection of *Colletotrichum coccodes* from soil and potato tubers by conventional and quantitative real time PCR. *Plant Pathology*, 51, 281-292.

Emmond, G. S., and Ledingham, R. J. (1972). Effects of crop rotation on some soil-borne pathogens of potato. *Canadian Journal of Plant Science*, 52, 605-611.

FAO, 2012. <http://faostat.fao.org/>

Freeman, S., Katan, T., and Shabi, E. (1998). Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose disease of various fruits. *Plant Disease*, 82(6), 596-605.

Gutierrez, C. L., Wang, Y., Lutton, E., and B., M. G. (2006). Distribution and fungicide sensitive of fungal pathogens causing anthracnose-like lesions on tomatoes grown in Ohio. *Plant Disease*, 90(4), 397-403.

<http://www.pv.fagro.edu.uy>

Jeger, M. J., Hide, G. A., Van Den Boogert, P. H., Termorshuizen, A. J., and Van Baarlen, P. (1996). Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato. *Potato Research*, 39, 437-469.

Johnson, D. A., Rowe, R. C., and Cummings, T. F. (1997). Incidence of *Colletotrichum coccodes* in certified potato seed tubers planted in Washington state. *Plant Disease*, 81(10), 1199-1202.

Lees, A. K., and Hilton, A. J. (2003). Black dot (*Colletotrichum coccodes*): an increasingly important disease of potato. *Plant Pathology*(52), 3-12.

Lees, A. K., Brierley, J. L., Stewart, J. A., Hilton, A. J., Wale, S. J., Gladders, P., Peters, J. C. (2010). Relative importance of seed-tuber and soilborne inoculum in causing black dot disease of potato. *Plant Pathology*, 59, 693-702.

Liu, F., Hyde, K. D., and Cai, L. (2011). Neotypification of *Colletotrichum coccodes*, the causal agent of potato black dot disease and tomato anthracnose. *Mycology*, 2(4), 248-254.

- Narayanasamy P. 2008. Molecular Biology in Plant Pathogenesis and Disease Management: Microbial Plant Pathogens. Vol. 1. Pp. 29
- Nitzan, N., Cummings, T. F., and Johnson, D. A. (2008). Disease potential of soil- and tuberborne inocula of *Colletotrichum coccodes* and black dot severity on potato. *Plant Disease*, 92(11).
- Nitzan, N., Evans, M. A., Cummings, T. F., Johnson, D. A., Batchelor, D. L., Olsen, C., Brown, C. R. (2009). Field resistance to potato stem colonization by the black dot pathogen *Colletotrichum coccodes*. *Plant Disease*, 93(11), 1117-1122.
- Nitzan, N., Evans, M., and Johnson, D. A. (2006). Colonization of potato after aerial infection by *Colletotrichum coccodes*, causal agent of potato black dot. *Plant Disease*, 90(8).
- Nitzan, N., Hazanovsky, M., Tal, M., and Tsrer, L. (2002). Vegetative compatibility groups in *Colletotrichum coccodes*, the causal agent of black dot on potato. *Phytopathology*, 92(8), 827-832.
- SAGARPA y SENASICA, 2010. Ficha técnica: *Colletotrichum coccodes*. pp. 13
- SIAP, 2012. <http://www.siap.gob.mx>
- Tsor, L. (2004). Effect of light duration on severity of black dot caused by *Colletotrichum coccodes* on potato. 53, 288-293.
- UAAAN. 1997. Guía técnica para el cultivo de papa. Saltillo, Coah. México. pp.

APÉNDICE



Figura 20. Aislamiento del hongo causante de la enfermedad paño del tubérculo, UAAAN 2014.

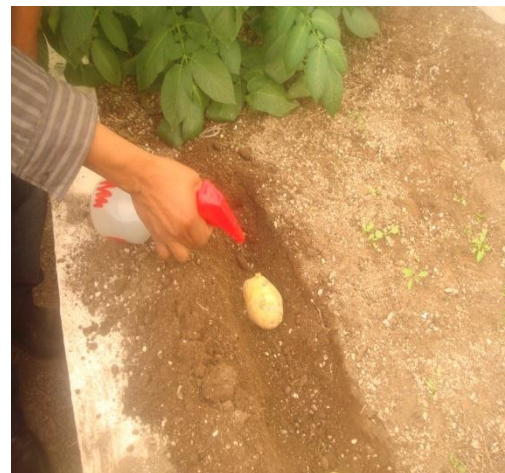
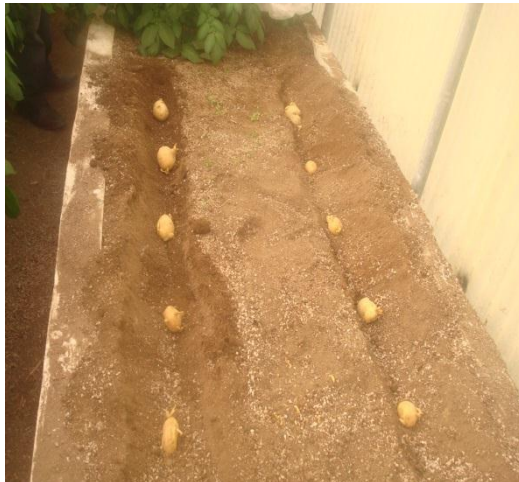


Figura 21. Siembra e inoculación de tubérculos en invernadero, UAAAN 2014.



Figura 22. Siembra y aplicación de los tratamientos para el control del paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.



Figura 23. Productos usados para el combate del paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.

Croquis de la distribución de los tratamientos usados en el experimento para el control de paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.

T6	T2	T3	T4	T5	T7	T3	T2	T4	T1	
T3	T7	T6	T5	T2	T4	T1	T5	T6	T7	T1

Cuadro 5. Concentración de datos de la evaluación incidencia, severidad, numero de tubérculo y peso, para el control de paño del tubérculo y tizón foliar, UAAAN 2014.

Tratamientos	No. De tubérculos	peso (Kg)	% Incidencia	% severidad
T1R1	53	2.87	30.18	34.54
T1R2	38	2.68	31.57	23
T1R3	9	0.56	11.11	12.5
T2R1	79	3.97	36.7	38.17
T2R2	42	3.36	38.09	34.34
T2R3	55	3.62	21.81	37
T3R1	68	3.5	26.47	30.36
T3R2	28	2.37	28.57	11.87
T3R3	36	2.61	22.22	11.12
T4R1	40	2.61	27.5	30.72
T4R2	42	2.69	26.19	20
T4R3	41	2.4	21.95	22.27
T5R1	50	3.43	24	30.5
T5R2	54	3.07	37.03	22.15
T5R3	36	1.68	25	14.38
T6R1	40	3.37	7.5	9.5
T6R2	43	2.13	9.3	6.5
T6R3	32	3.33	12.5	25
T7R1	53	4.18	16.98	26.44
T7R2	51	2.62	11.76	24.08
T7R3	41	2.19	19.51	11.93
Inoculado en tubérculo	40	0.67	20	27.56
no inoculado en tubérculo	35	0.09	0	0