

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE VARIEDADES DE PAPA A
SARNA COMÚN (*Streptomyces scabies* y *S. acidiscabies*) Y
TIZÓN TEMPRANO (*Alternaria solani*)

por

Victoria Leonor MOREIRA NUÑEZ
Juan Pablo SCARZELLA DELPIANO

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Pablo González Rabelino

Ing. Agr. Vivienne Gepp

Ing. Agr. Diego Maeso

Ing. Agr. Pablo González

Fecha: 27 de noviembre de 2014

Autor: _____

Victoria Leonor Moreira Nuñez

Autor: _____

Juan Pablo Scarzella Delpiano

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, parejas y amigos por el apoyo incondicional, constante e invaluable que nos brindaron para alcanzar este objetivo.

Al Ing. Agr. Pablo González Rabelino por su colaboración y sus aportes durante la realización de este trabajo.

A la Ing. Agr. Vivienne Gepp por su invaluable ayuda y permanente dedicación en todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Agr. Pablo González Barrios por su colaboración en el procesamiento y análisis estadísticos de los datos obtenidos.

A Ing. Agr. Diego Maeso por sus valorables aportes, sugerencias y el tiempo dedicado en la finalización de esta tesis.

A la Ing. Agr. María José Montelongo por su ayuda en etapas de laboratorio, correcciones y sugerencias en el desarrollo de este documento.

A Elsa Perdomo, Laura Hernández y Elisa Silvera, integrantes del Laboratorio de Protección Vegetal, por la ayuda brindada en las etapas de laboratorio y de campo.

Al personal de documentación y biblioteca por su cordial atención, especialmente a la Lic. Sully Toledo por su dedicación en la corrección de este documento.

A todos los funcionarios del Centro Regional Sur por su ayuda en las etapas de campo.

A todos los que de una u otra forma contribuyeron para concretar nuestro objetivo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. EL CULTIVO DE PAPA	3
2.2. EL CULTIVO DE PAPA EN URUGUAY.	3
2.3. ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA.	5
2.3.1. <u>Sarna común</u>	6
2.3.1.1. Sarna común en el mundo.	6
2.3.1.2. Sarna común en Uruguay	6
2.3.2. <u>Streptomyces scabies y S. acidiscabies</u>	7
2.3.2.1. Importancia económica	7
2.3.2.2. Sintomatología	8
2.3.2.3. Biología	9
2.3.2.4. Ciclo de la enfermedad	10
2.3.2.5. Condiciones predisponentes	12
2.3.2.6. Resistencia del cultivo.	14
2.3.2.7. Virulencia y agresividad.	15
2.3.3. <u>Tizón temprano</u>	16
2.3.3.1. Importancia económica.	17
2.3.3.2. Sintomatología.	17
2.3.3.3. Biología	18
2.3.3.4. Ciclo de la enfermedad.	19
2.3.3.5. Condiciones predisponentes.	21
2.3.3.6. Resistencia del cultivo.	22
2.3.4. <u>Tizón tardío</u>	23
2.3.4.1. Importancia económica.	23
2.3.4.2. Sintomatología	24
2.3.4.3. Biología.	25
2.3.4.4. Ciclo de la enfermedad.	25
2.3.4.5. Condiciones predisponentes.	26
2.3.4.6. Resistencia.	27
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN EL TRABAJO	28

2.4.1. <u>Arequita</u>	28
2.4.2. <u>Daymán</u>	28
2.4.3. <u>INIA-Iporá</u>	29
2.4.4. <u>Chieftain</u>	29
2.4.5. <u>Rudolph</u>	30
2.4.6. <u>Red Magic</u>	30
2.5. METODOLOGÍA PARA EVALUAR SUSCEPTIBILIDAD DE VARIEDADES DE PAPA.	30
2.5.1. <u>Preparación de inóculo e inoculación con <i>Streptomyces</i> spp.</u>	30
2.5.2. <u>Metodología de evaluación de sarna común en tubérculos</u>	31
2.5.3. <u>Metodología de evaluación de daños foliares</u>	32
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	33
3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO.	33
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL.	33
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.	33
3.3.1. <u>Preparación y aplicación del inóculo</u>	34
3.4. SUELO Y ANTECEDENTES.	36
3.5. CLIMA	37
3.6. MANEJO DEL CULTIVO.	37
3.6.1. <u>Preparación de suelo</u>	37
3.6.2. <u>Siembra</u>	37
3.6.3. <u>Fertilización, riego, control fitosanitario y de malezas</u> . .	38
3.6.4. <u>Cosecha</u>	38
3.7. VARIABLES ANALIZADAS	38
3.7.1. <u>Cuantificación de enfermedades foliares</u>	39
3.7.2. <u>Cuantificación de la severidad de sarna común en tubérculos</u>	39
3.7.3. <u>Cuantificación del peso de los tubérculos</u>	40
3.8. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	40
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	42
4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS	42
4.2. SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES FOLIARES	45
4.3. SEVERIDAD DE SARNA COMÚN EN EL TUBÉRCULO	48
4.4. PESO DEL TUBÉRCULO	56
5. <u>CONCLUSIONES</u>	58
6. <u>RESUMEN</u>	59

7.	<u>SUMMARY</u>	60
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	61
9.	<u>ANEXOS</u>	72

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Evolución de la producción, superficie y rendimiento de papa para la zafra primavera – verano (2007-2014).	4
2. Tratamientos del ensayo.	33
3. Características de las cepas de <i>Streptomyces</i> utilizadas en el ensayo.	35
4. Análisis del suelo donde se realizó el ensayo, año 2013.	37
5. Historia de uso del suelo del cuadro del ensayo.	37
6. Fechas y edad del cultivo al momento de cosecha, según bloques.	38
7. Severidad en porcentaje a tizón temprano según variedad y fecha analizada.	47
8. Severidad media de Sarna total según variedad.	51
9. Resultados de los aislamientos de INIA-Iporá y Daymán.	51
10. Severidad media de síntomas superficiales según variedad.	53
11. Severidad media de Sarna profunda según variedad.	54
12. Severidad media de Sarna levantada según variedad.	55
13. Peso promedio por tubérculo (g.) por variedad y por especie inoculada.	56
14. Peso promedio (g.) por cepa inoculada y variedad	57

Figura No.

1. Promedio de importaciones de papa por mes para el período 2011- 2013.	5
2. Síntomas de sarna común en tubérculo de papa. (A) lesiones superficiales, (B) lesiones elevadas, (C) lesiones profundas.	9
3. Ciclo patológico de la sarna común de la papa producida por <i>S. scabies</i>	12
4. Mancha de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en folíolos de papa.	18
5. Conidios de <i>Alternaria solani</i>	19
6. Ciclo biológico de tizón temprano causado por <i>Alternaria solani</i> ..	21
7. Síntomas foliares de tizón tardío.	24
8. Ciclo biológico de tizón tardío causado por <i>Phytophthora infestans</i>	26
9. Mapa del ensayo.	34
10. Primera inoculación.	36
11. Segunda inoculación aplicada en la base de la planta	36
12. Precipitación mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.	42
13. Temperatura media mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.	43
14. Humedad relativa media mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.	43
15. Agua disponible en el suelo cada 10 días para el período del cultivo.	44

16. Manchas foliares de tizón temprano observadas en el ensayo. . .	45
17. Evolución de tizón temprano según variedad para las cinco fechas analizadas	46
18. Lesiones en tubérculo de papa evaluadas como sarna superficial.	49
19. Lesiones en tubérculo de papa evaluadas como sarna profunda.. . . .	49
20. Lesiones en tubérculo de papa evaluada como sarna levantada (círculos en blanco).	50
21. Síntomas “rugoso” en tubérculos de la variedad INIA-Iporá evaluado como sarna superficial	52
22. Variedad Daymán con lesiones de sarna profunda.	54

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes, presentando un crecimiento sostenido tanto en producción como en superficie sembrada. Representa el cuarto alimento básico después del maíz (*Zea mays* L.), el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.)

En Uruguay es la hortaliza más sembrada con aproximadamente 5.000 ha por año y la más consumida. Los tubérculos de piel rosada son los preferidos por los consumidores siendo las variedades más sembradas Chieftain y Red Magic. Las de piel blanca o crema son poco requeridas y se destinan principalmente para industria o algún uso específico.

A nivel nacional en las últimas décadas tanto el área cultivada como la producción han disminuido, sin embargo el rendimiento por unidad de superficie ha aumentado debido principalmente a la incorporación de nuevas tecnologías. Se realizan dos ciclos al año determinados por limitantes de bajas y altas temperaturas: otoño y primavera-verano.

El cultivo de papa es afectado por gran número de enfermedades, siendo las principales en Uruguay los tizones temprano (*Alternaria solani* (Ell. and Mart.) Jones and Grout.) y tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), las virosis (*Potato virus Y*, PVY y *Potato leaf roll virus*, PLRV) y la sarna común (*Streptomyces* spp.).

En los últimos años la sarna común se ha convertido en una de las enfermedades más importantes de este cultivo. Su incidencia y principalmente la severidad de las lesiones en los tubérculos han aumentado afectando la comercialización y el valor comercial de los mismos.

Los tizones, temprano y tardío son enfermedades frecuentes en el cultivo de papa que afectan principalmente al follaje y también al tubérculo, causando pérdidas en el rendimiento y obligan al uso de varias aplicaciones de fungicidas. Su severidad, cuando se utiliza la misma estrategia de control químico, depende del grado de resistencia que presentan las diferentes variedades.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la susceptibilidad de distintas variedades a *A. solani*, *P. infestans*, *S. scabies* y *S. acidiscabies* de manera de contribuir con el manejo sustentable de las enfermedades de este cultivo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es contribuir al manejo sustentable de las enfermedades en el cultivo de papa en las condiciones de producción nacional.

1.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la susceptibilidad en tubérculos de diferentes variedades frente a *Streptomyces scabies* y *Streptomyces acidiscabies*.
- ✓ Evaluar la susceptibilidad en follaje de diferentes variedades frente a *Alternaria solani* y a *Phytophthora infestans*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL CULTIVO DE PAPA

La papa (*Solanum tuberosum* Linnaeus) pertenece a la familia *Solanaceae* y al género *Solanum*, es una planta herbácea, dicotiledónea, anual, que se comporta como una especie perenne caducifolia, ya que puede reproducirse por sus tubérculos (Rousselle et al. 1999, Di Benedetto 2005).

Es originaria de la cordillera de los Andes en América del Sur (en los alrededores del lago Titicaca), donde es consumida desde hace 8.000 años (FAO, 2008). El centro de mayor variabilidad genética se sitúa en Perú y Bolivia. En 1570 se registra la primera entrada de esta especie a Europa (Alonso 1996, Rousselle et al. 1999).

Representa el cuarto alimento básico en el mundo después del maíz (*Zea mays* L.), el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) (FAO, 2006).

Según FAO (2012) la superficie sembrada a nivel mundial es de aproximadamente 19 millones de ha, con una producción de papa de 364 millones de toneladas. El principal país productor es China concentrando el 20 % de la producción, le siguen Rusia e India (FAO, 2008).

2.2. EL CULTIVO DE PAPA EN URUGUAY

La papa es la hortaliza más consumida en Uruguay. El consumo por persona por año para el período 2005-2006 fue de 34 kg (INE, 2008).

Según MGAP.DIEA (2013a) es el cultivo hortícola más sembrado, comprendiendo 4.957 ha con una producción de 109 mil toneladas y un rendimiento promedio de 22 t.ha⁻¹. La producción es principalmente destinada al abastecimiento del mercado interno.

Es el producto con mayor ingreso al Mercado Modelo (principal centro de venta del país) con una participación aproximada de 21% del total de frutas y hortalizas comercializadas en el 2013 (MGAP. DIGEGRA y CAMM, 2014).

El cultivo se concentra en tres zonas principales de producción: Sur, Este y Norte. La zona Sur concentra el 77% de la producción, en su mayoría en el departamento de San José. En segundo lugar la zona Este contribuye con el 15% de la producción (cosecha de verano) y el principal productor es el departamento de Rocha, en tanto, la zona Norte aporta el 8% restante de

producción, siendo Tacuarembó el principal departamento productivo de esta zona (cosecha en primavera) (MGAP. DIGEGRA y CAMM, 2011).

Se realizan dos ciclos al año por limitantes de baja y altas temperaturas: otoño y primavera-verano. Las ventajas de la siembra en el Este y Norte del país permiten algunas migraciones en los ciclos del cultivo (Giménez et al., 2014). El cultivo se ve favorecido en el Noreste por mayor radiación y en el Este por temperaturas más favorables (Lapaz, 2011).

De los dos ciclos de plantación el que ocupada mayor superficie de siembra anual, aproximadamente un 70%, es la zafra de otoño. Para el año 2013, la producción de dicha zafra fue estimada en 64.839 toneladas abarcando un área de 2.679 hectáreas.

La superficie sembrada ha ido disminuyendo en los últimos años, la producción también, pero no en la misma magnitud que el área ya que se han incorporado nuevas tecnologías, como semillas de buena calidad fisiológica y sanitaria, el riego y ajustes en el manejo del cultivo (Grela et al., 2010).

En la zafra primavera-verano se ha registrado una disminución del área sembrada, desde el 2007 hasta la actualidad la superficie ha disminuido aproximadamente un 50%, aunque el rendimiento por hectárea ha ido aumentando (Cuadro No. 1, MGAP.DIEA, 2013a).

Cuadro No. 1. Evolución de la producción, superficie y rendimiento de papa para la zafra primavera – verano (2007-2014).

Zafra	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t.ha⁻¹)
2007-2008	2826	40771	14,4
2008-2009	2950	39704	13,5
2009-2010	2505	51181	20,4
2010-2011	2089	33148	15,9
2011-2012	2019	41864	20,7
2012-2013	1288	24194	18,8
2013-2014	1537	27097	17,6

Fuente: en base a encuestas hortícolas de papa (MGAP.DIEA, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013b).

Las papas más consumidas en Uruguay son de piel rosada y pulpa blanca, siendo Chieftain (59%) y Red Magic (18%) las variedades más

sembradas. Las papas de piel blanca o crema al contrario, son poco requeridas, siendo destinadas principalmente al abastecimiento de procesos industriales o usos específicos. Las variedades blancas más sembradas son Daifla (3%) y Atlantic (2,6%) (MGAP.DIEA 2013a, Giménez et al. 2014).

La baja producción nacional de papa, así como problemas de calidad, han llevado a que todos los años en el período comprendido entre los meses de noviembre y abril se realicen importaciones (Figura No. 1, MGAP. DIGEGRA y CAMM, 2014).

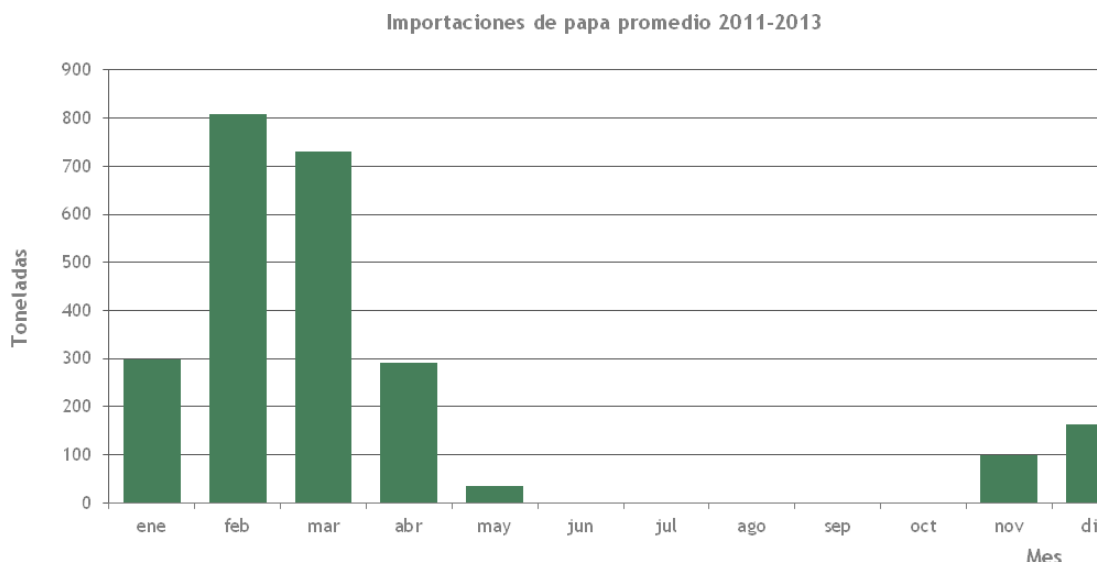


Figura No. 1. Promedio de importaciones de papa por mes para el período 2011- 2013.

Fuente: MGAP. DIGEGRA y CAMM (2014).

2.3. ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA

El cultivo de papa es afectado por un gran número de enfermedades que, si no se aplican medidas de control, pueden reducir la producción. La disminución en los rendimientos debido a la incidencia de problemas sanitarios puede llegar hasta un 50% (Aldabe y Aldabe, 1977).

Entre las principales enfermedades que atacan al cultivo están las virosis (PVY, PLRV), las cuales pueden afectar hasta un 60% de la producción esperada en plantaciones de primavera. También los tizones (temprano y tardío) tienen gran incidencia sobre el rendimiento pudiendo provocar pérdidas cercanas a un 30%. Dentro de las bacterias se destaca las podredumbres blandas (*Erwinia* spp.) y la sarna común (*Streptomyces* spp.). En los últimos años la sarna común ha causado mayores perjuicios derivados principalmente

de la disminución del valor comercial por la severidad de las lesiones en los tubérculos (Vilaró y Maeso 1990, Lapaz 2011).

Las enfermedades que se van a abordar en este trabajo son la Sarna común (causadas por especies del género *Streptomyces* tales como *S. scabies* y *S. acidiscabies*), debido a su importancia en los últimos años; y los Tizones temprano (*Alternaria solani*) y tardío (*Phytophthora infestans*), que son enfermedades frecuentes en el cultivo y afectan de manera significativa el rendimiento.

2.3.1. Sarna común

2.3.1.1. Sarna común en el mundo

La sarna común de la papa es la enfermedad más importante en términos económicos dentro de las causadas por el género *Streptomyces*. Está presente en todo el mundo y es considerada por los agricultores de Estados Unidos la cuarta enfermedad en importancia. La mayoría de las variedades utilizadas comercialmente son susceptibles. Reduce el valor de las papas para consumo o procesamiento y de los tubérculos semilla debido a los síntomas y el riesgo de transmisión del patógeno (Loria et al. 1997, Wanner 2006).

La especie más conocida es *Streptomyces scabies* (Lambert y Loria, 1989), también son reconocidas como patógenas las especies *S. acidiscabies* en Canadá (Lambert y Loria, 1989), *S. turgidiscabiei* en Japón (Miyajima et al., 1998), *S. caviscabiei* en Canadá (Goyer et al., 1996), *S. europaeiscabiei*, *S. reticuliscabiei*, *S. stelliscabiei* en Francia (Bouчек-Mechiche et al., 2000), *S. luridiscabiei*, *S. niveiscabiei* y *S. puniscabiei* en Corea (Park et al., 2003).

La sarna común ha sido poco estudiada por las dificultades que implica la caracterización de las *Streptomyces* spp. patógenas y su diagnóstico (Alvarado et al., 2008).

2.3.1.2. Sarna común en Uruguay

Grela et al. (2010) afirman que la importación de papa semilla para lograr buena calidad sanitaria y realizar varias multiplicaciones en el país para disminuir el volumen de semilla importada, fue la causante de la introducción de diversos problemas, entre ellos la sarna común.

El patógeno ha estado presente durante muchos años en la producción de papa uruguaya, sin causar pérdidas importantes, salvo determinadas excepciones, en las zonas tradicionales. En los últimos años, los productores

han constatado síntomas más severos de sarna común, llegando en muchos casos a comprometer la venta de la mayor parte de la cosecha. En algunos casos la progenie de semilla aparentemente sana ha experimentado ataques severos. Los síntomas más severos consisten en la profundización hacia el interior del tubérculo (INIA Y UDELAR. FA ¹, Grela et al. 2010).

Esta situación se ha asociado al origen de la semilla importada, tipos de suelos y no se ha podido correlacionar la gravedad de los síntomas con determinada especie de *Streptomyces* spp.¹.

Las especies del género *Streptomyces* que comúnmente afectan al cultivo de papa, encontradas a nivel nacional e identificadas por Lapaz (2011) son *S. scabies* y *S. acidiscabies*, por lo cual en este trabajo se desarrollaran estas dos especies.

2.3.2. *Streptomyces scabies* y *S. acidiscabies*

S. scabies se presenta como patógeno en especies como *Solanum tuberosum* (papa), *Daucus carota* (zanahoria), *Beta vulgaris* (remolacha), *Raphanus sativus* (rábano), *Brassica napa* (nabo), *Pastinaca sativa* (chirivía) (Goyer y Beaulier, 1997). Fernández (1975) citó además *Solanum melongena* (berenjena), *Allium cepa* (cebolla), *Spinacia oleracea* (espinaca), *Brassica oleracea* var. *capitata* (repollo), *Tragopogon porrifolius* (sasifi). Hasta el momento *S. acidiscabies* solo fue aislado a partir de papa, estos aislados también pueden infectar a *Daucus carota* (zanahoria), *Raphanus sativus* (rábano), *Brassica napa* (nabo), y *Pastinaca sativa* (chirivía) (Goyer y Beaulier, 1997).

El patógeno está distribuido en la mayoría de las partes del mundo donde se realiza el cultivo de papa (Fernández 1975, Romano 1994).

2.3.2.1. Importancia económica

La sarna es un problema común del tubérculo en todas las regiones donde se siembra papa. A causa de esta enfermedad disminuye la calidad del producto, reduciendo su valor comercial. Sin embargo, la pérdidas que genera esta enfermedad sobre el rendimiento total son de escasa o nula importancia. En los cultivos realizados para la producción de semilla adquiere relevancia ya que los tubérculos afectados no pueden ser certificados. La enfermedad no

¹ INIA; UDELAR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). s.f. Sarna común de la papa (sin publicar).

afecta el almacenaje, pero su severidad puede aumentar profundizando en el tubérculo si se dan las condiciones favorables (INIA y UDELAR. FA¹, Hooker 1980, Dasgupta y Basu 2008, Hiltunen et al., citados por Wanner 2009b).

2.3.2.2. Sintomatología

La sarna común afecta los órganos subterráneos, principalmente los tubérculos. Éstos pueden manifestar lesiones superficiales, elevadas o áreas deprimidas, pudiendo estar presente más de un tipo de lesión en un solo tubérculo. Las lesiones tienden a ser circulares frecuentemente entre 5 y 8 mm de diámetro, pueden también ser irregulares y hacerse más grandes si se unen varios puntos de infección. En su comienzo éstas son como puntos pequeños de color castaño que se pueden observar sobre cualquier parte de la piel del tubérculo, aunque generalmente se asocian a las lenticelas o heridas. A medida que los tubérculos se van desarrollando, los puntos se transforman en manchas para formar canchales de superficie escabrosa, irregularmente circulares, algo más oscuros que la piel del tubérculo que los rodea. Estas manchas pueden estar aisladas o en forma confluyente, afectando parcial o totalmente al tubérculo. Las lesiones pueden profundizar hasta 7mm y su color es castaño casi negro, de consistencia corchosa. Las lesiones levantadas son de aspecto corchoso, color marrón necrosado como consecuencia de la proliferación anormal de las células de la epidermis (Figura No. 2, Fernández 1975, Aldabe y Aldabe 1976, Hooker 1980, Christ 1998, Rousselle et al. 1999, Torres 2002, Haynes et al. 2010).

Según Lambert y Loria (1989a, 1989b), los síntomas que causa *S. scabies*, no se distinguen de los causados por *S. acidiscabies*. El tipo y la gravedad de los síntomas varían según el tipo de suelo, la variedad y las condiciones climáticas del año, entre otros factores.

La gravedad de *S. scabies* aumenta linealmente con el aumento en $\log_{10}$ del inóculo pero la pendiente de la recta es afectada por la resistencia del cultivar y la cepa de *S. scabies* (Keinath y Loria 1991, Romano 1994, Wanner 2004).

Rousselle et al. (1999) mencionaron que las lesiones superficiales y profundas están asociadas a *S. scabies*, mientras que a *S. acidiscabies* únicamente se la asocia con lesiones superficiales. Lapaz (2011) indicó que a nivel nacional las lesiones más comunes provocadas por *S. scabies* son las elevadas.

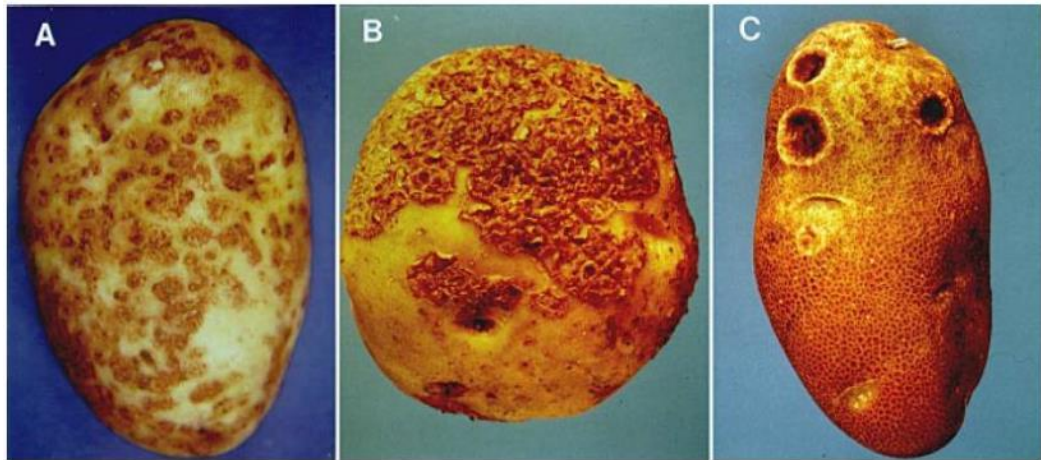


Fig. 2. *Streptomyces scabies* can produce a range of symptoms on potato tubers. (A) Superficial lesions are sometimes referred to as russet scab; these and similar symptoms also can be caused by several other *Streptomyces* species. (B) Raised lesions are usually referred to as common scab; however, these symptoms do not differ from those produced by *S. acidiscabies*. (C) Pitted lesions may or may not have a ridge of raised tissue surrounding the pit.

Figura No. 2. Síntomas de sarna común en tubérculo de papa. (A) lesiones superficiales, (B) lesiones elevadas (C) lesiones profundas.

Fuente: Loria et al. (1997)

2.3.2.3. Biología

Streptomyces spp. son bacterias gram-positivas, aerobias, que se encuentran dentro del orden *Actinomycetales*, suborden *Streptomycineae* y familia *Streptomycetaceae*. Poseen una morfología filamentosa parecida a la de los hongos, pero el reducido diámetro de su filamento vegetativo, las hace diferenciarse. El micelio puede fragmentarse asexualmente y producir esporas. Son acarióticos, la pared celular posee características bioquímicas que se asemejan más a las bacterias que a los hongos (Hooker 1980, Cancino 2003, Gouws 2006).

Muchas especies de *Streptomyces* actúan como saprófitas, no atacando a plantas vivas, están presentes naturalmente en el suelo participando en la degradación de la materia orgánica. El género es diverso y abundante en el suelo, pero solo un pequeño porcentaje de sus especies provocan enfermedades en los vegetales (Fernández 1975, Wanner 2006, Alvarado et al. 2008).

Según Romano (1994) la sarna común puede ser producida por varias especies, pero la principal es *S. scabies*.

Stakman y Harrar (1963) mencionan que *S. scabies* tiene diferentes biotipos, los cuales se diferencian por el grado de mutabilidad, por sus

características culturales y fisiológicas, por el tipo de infección que produce en determinada variedad, por las variedades de papa que atacan y por características morfológicas menores.

Según Wanner (2006), *S. acidiscabies* deriva de una cepa de *S. scabies* a través de la transferencia independiente y horizontal de un grupo de genes. Para Lambert y Loria (1989a, 1989b), estas dos especies no están estrechamente relacionadas, afirmando que infectan plantas de manera independiente. Para Williams et al., citados por Romano (1994), las similitudes entre estas dos especies es solo del 64%.

Las colonias son de crecimiento lento color amarillento, rojizo o blanquecino de acuerdo al medio en que crecen y la especie presente (Torres, 2002). Se deben cultivar a 28°C y en esas condiciones en diez días se da la esporulación (Stevenson et al., 2004).

Las colonias de *S. scabies* son de color que van de blanco a rosa salmón dependiendo del medio, producen un pigmento de color marrón, y presentan cadenas de esporas en forma helicoidal (Romano 1994, Torres 2002, Stevenson et al. 2004). Es un organismo aerobio que crece muy bien en medio de agar papa y con bajo contenido de sacarosa (Hooker, 1980).

Las cepas de *S. acidiscabies* tienen cadenas de esporas en forma flexuosa y producen un pigmento de color rojo (Romano 1994, Torres 2002, Stevenson et al. 2004).

2.3.2.4. Ciclo de la enfermedad

Streptomyces spp. habitan naturalmente el suelo, sobreviven como esporas o de forma saprofita en restos de cosecha, raíces de otros cultivos, materia orgánica y malezas (Figura No. 3). *S. acidiscabies* solo sobrevive en plantas huéspedes, y parecería ser que no en suelos por períodos largos de tiempo (Bonde y McIntyre 1968, Agrios 2008). *S. scabies* es capaz de mantenerse viable en el suelo o en restos de plantas por décadas (Torres 2002, Johnson 2008).

Ambas especies pueden ser diseminadas por la semilla o el suelo, aunque *S. acidiscabies* usualmente es propagado por tubérculos semillas infectadas. La principal fuente de inóculo de *S. scabies* es el suelo, por lo tanto si se dan las condiciones edafoclimáticas adecuadas para la enfermedad, esta tiende a aumentar. La microflora del suelo parecería ser importante para la difusión e infección ya que la enfermedad puede ser suprimida al aplicar insecticidas o nematicidas al suelo. Otros medios de dispersión son el agua y el

viento porque puede llevar partículas de suelo infectadas (Fernández 1975, Loria et al. 1997, Wang y Lazarovits 2005, Johnson 2008).

El patógeno penetra a los tejidos principalmente a través de las lenticelas jóvenes, pero también puede ingresar por los estomas, heridas o directamente cuando la cutícula es fina. Las lenticelas se hacen susceptibles solo tras la ruptura de las células estomáticas, la enfermedad se desarrolla durante 6 a 8 semanas, período en el que el tubérculo se encuentra creciendo. Es posible que pueda seguir desarrollándose mientras se den las condiciones para ello, aún después de la senescencia del cultivo. Las lenticelas maduras, adquieren resistencia, probablemente debido a la barrera formada por los depósitos de suberina (Fernández 1975, Smith et al. 1992, De Fellows, citado por Romano 1994, Loria et al. 1997, Agrios 2008). Según Hooker (1980), las partes del tubérculo que se encuentran protegidas por periderma no son susceptibles. El período más susceptible a la infección se da en los 20 días posteriores a la iniciación del tubérculo, siendo este primer período fundamental para el desarrollo de la enfermedad (Khatri et al., 2009).

El micelio crece principalmente de forma intercelular, penetrando a las células a través de la laminilla media. Solo puede encontrarse micelio intracelular en las regiones maduras de la periferia de las lesiones, pudiendo esporular en gran cantidad dentro de las células (Smith et al. 1992, Cancino 2003, Agrios 2008).

El crecimiento del patógeno se da entre unas cuantas capas de células, las cuales mueren, y el microorganismo se desarrolla como saprófito a costa de las células muertas. Al mismo tiempo éste secreta una sustancia que estimula a las células vivas en torno a la lesión a que se dividan rápidamente y promuevan la formación de capas de células de corcho que lo aíslan (Berrocal 2006, Agrios 2008).

La lesión va profundizando porque las células corchosas del cambium se regeneran continuamente. Cuando el tubérculo está en crecimiento la actividad meristemática es rápida, por lo tanto las lesiones tenderían a una mayor actividad y esto generaría una lesión más profunda (Hooker y Page, 1960)

El período de infección sucede cuando el tubérculo se está formando pero los síntomas se desarrollan durante la estación de crecimiento. Si bien los tubérculos maduros ya no son susceptibles a la infección, las lesiones pueden seguir expandiéndose a medida que el tubérculo crece. Ambas especies de *Streptomyces* son patógenos monocíclicos (Lapwood, citado por Keinath y Loria 1991, Méndez y Inostroza 2009).

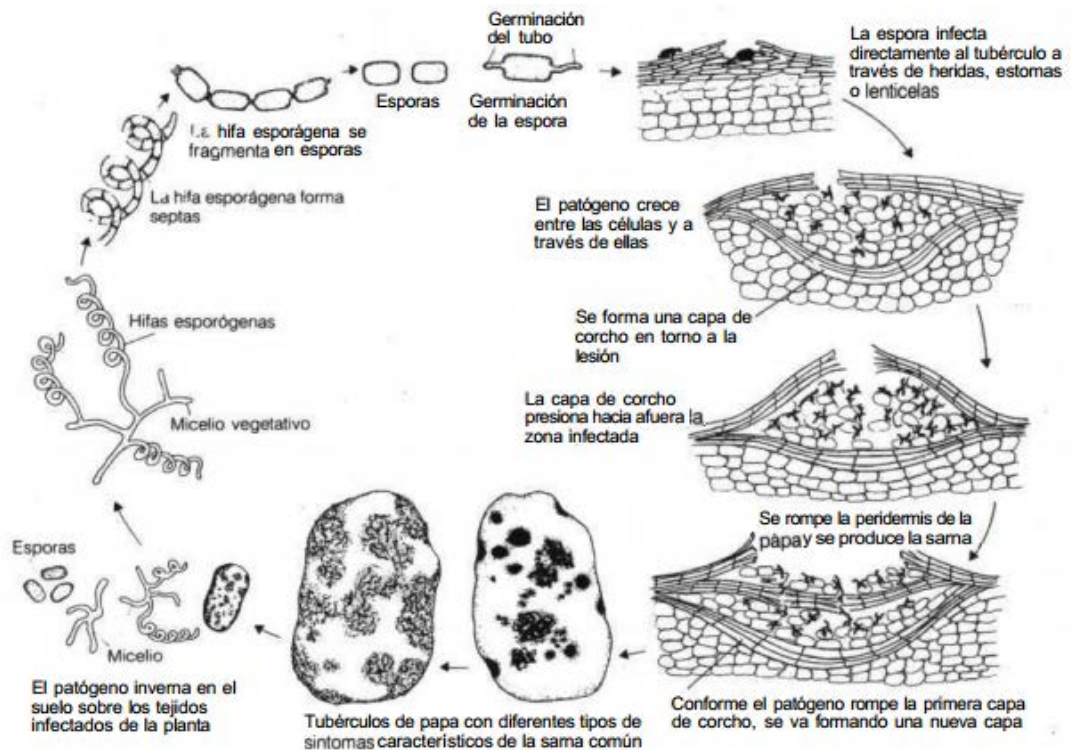


Figura 12-33: Ciclo patológico de la sarna común de la papa producida por *Streptomyces scabies*.

Figura No. 3. Ciclo patológico de la sarna común de la papa producida por *S. scabies*.

Fuente: Agrios (2008).

2.3.2.5. Condiciones predisponentes

La enfermedad se favorece con pH 5.5 a 7.5, sin embargo *S. acidiscabies* puede desarrollarse en suelos más ácidos, por debajo de pH 5.0 (Johnson, 2008).

Los suelos sueltos, ricos en materia orgánica, aireados, arenosos, neutros o alcalinos y temperaturas por encima de los 21°C favorecen a la enfermedad (Urquijo et al. 1961, Rousselle et al. 1999, Johnson 2008). Según Rousselle et al. (1999) la temperatura del suelo condiciona el desarrollo y las diferentes especies tienen diferentes óptimos térmicos, situándose alrededor de 19 a 24°C. Para Smith et al. (1992), la mayoría de las lesiones se producen a 20°C y el desarrollo de la enfermedad se da a una temperatura de suelo entre los 13°C y los 25°C, pero es más severa con temperaturas altas. La receptividad del suelo a un parásito no solo depende de las propiedades fisicoquímicas, influyen también otros factores como ser microbiológicos, se puede decir que cada suelo es un caso particular, constituido por determinada

historia, naturaleza y actividad (Rousselle et al., 1999). Lutomirska (2008) reportó que la temperatura media del suelo fue el principal factor que determinó la infección del tubérculo.

La humedad del suelo también es un factor importante, fundamentalmente en los momentos de tuberización, según Rousselle et al. (1999), el riego puede disminuir la sarna que causa áreas deprimidas y elevadas pero no la sarna superficial. Cuando los tubérculos son pequeños, la infección resulta muy alta si el suelo es relativamente seco (Aldabe y Aldabe, 1977). En el período de formación de tubérculos y varias semanas después la frecuencia de la enfermedad disminuye considerablemente, cuando la humedad del suelo es alta (Agrios, 2008).

Lewis (1970) sugirió que la población de *S. scabies* en las lenticelas del tubérculo puede disminuir con el riego porque aumentan las poblaciones de bacterias antagónicas. Fernández (1975) indicó que la disminución del patógeno por la humedad, se podría explicar por la disminución del oxígeno libre del suelo. Al disminuirlo se inhibe el desarrollo, ya que el organismo es aerobio. Para Labruyere (1971) un suelo con adecuada humedad promueve el rápido desarrollo de las lenticelas de los estomas, evitando estar expuestos por gran tiempo a la infección.

Si las condiciones de humedad y temperatura siguen siendo favorables luego de muerto el cultivo, los síntomas continúan agravándose y se profundizan, permitiendo incluso la colonización del tubérculo por otros patógenos (Grela et al., 2010).

Según Wilson et al. (2001), el nivel que se requiere de humedad es variable y depende del tipo de suelo y el aislamiento del patógeno.

La sarna se puede agravar con el uso frecuente de variedades sensibles sobre la misma parcela, y el acortamiento de las rotaciones, sin embargo existen predios en los que casi no existe rotación sin problemas de sarna, así como casos en los que los ataques son severos desde el primer cultivo (Rousselle et al., 1999).

Davis et al. (1976), relacionaron los niveles de nutrientes en los tubérculos con la severidad de la sarna común, encontraron una correlación lineal positiva con el contenido de calcio, y negativa con el de magnesio, potasio y fósforo. Los niveles de nitratos no estuvieron correlacionados con la severidad de sarna común.

El contenido de nitrógeno puede retrasar el desarrollo, el inicio de la tuberización y como consecuencia puede aumentar la incidencia de la enfermedad (Gouws, 2006).

2.3.2.6. Resistencia del cultivo

Las variedades cultivadas comercialmente difieren en sus niveles de resistencia, muy pocas son altamente resistentes y ninguna es inmune. Aquellas variedades que tienen mayor resistencia a la infección por *S. scabies* también son más resistentes a *S. acidiscabies* (Scholte y Labruyere, citados por Bouchek-Mechiche et al. 2000, Mishra y Sirvastava 2001, Wanner 2009b).

La combinación entre la resistencia del huésped, la agresividad de la cepa del patógeno, el momento de infección y las condiciones ambientales determinan el tipo de lesión formada en el tubérculo (Labruyère, Hooker, Babcock et al., citados por Tajul et al., 2013).

Fischer et al. (2009) mencionaron que la severidad de la sarna común en cultivares de papa diferentes, la agresividad de los aislamientos y la producción de tubérculo cuantificado como gramos/planta, varían en función del cultivar y el aislado.

Según Pasco et al. (2005) en ensayos en condiciones controladas el cultivar, el aislado, el año y la interacción año por aislamiento afectan el índice de severidad de sarna. Haynes et al. (2010) encontró interacción de localidad por clon, para severidad y tipo de lesión.

No se han encontrado explicaciones claras para la distribución aparentemente errática y desigual de esta enfermedad, aunque se han mencionado al pH del suelo, la diferencia en la susceptibilidad del cultivar y los factores ambientales. La incidencia y severidad varía año tras año, de un campo a otro y de un cultivar a otro (Wanner 2004, Conn et al., citados por Tajul et al. 2013). La concentración de diferentes patógenos que habitan en el suelo conducen a modificar las poblaciones de *Streptomyces*. Estas concentraciones están influenciadas por el clima, modificando la incidencia de *Streptomyces* en los tubérculos. Otro factor que podría estar afectando es la aparición de nuevas cepas que provoquen sarna, con mejor adaptación a los cultivares de papa o que han adquirido diferentes características de virulencia (Wanner, 2007).

En las variedades susceptibles las lesiones de sarna son profundas, a medida que la infección avanza se van formando sucesivas capas de peridermo. La resistencia se puede asociar aparentemente con la eficiencia del peridermo para cicatrizar, ya que en variedades más resistentes una sola capa

de peridermo puede prevenir infecciones ulteriores, se forma una sarna superficial con poca o ninguna alteración de la piel del tubérculo (Hooker 1980, Smith et al.1992). Para Agrios (2008), la profundidad de la lesión no solo depende de resistencia de la variedad sino también de las condiciones de suelo y la invasión de las lesiones por otros organismos como los insectos ya que estos pueden degradar las capas de corcho permitiendo que el patógeno invada a mayor profundidad. Davis et al. (1974) indicó que la sarna común es más severa en peridermis delgadas y menciona que la peridermis gruesas están relacionados con la resistencia de algunas variedades.

Para Delserone et al., citados por Romano (1994) los cultivares de papa más susceptibles son los que desarrollan necrosis extensa, en algunos casos extendiéndose en el tejido vascular del tubérculo. En los resistentes no hay evidencia de daño en el anillo vascular, muestran manchas necróticas rodeando a las lenticelas.

En variedades susceptibles, las lenticelas tienen un mayor tamaño y están formadas por células más sueltas y redondas que en las variedades resistentes (Darling, citado por Fernández, 1975).

Johnson y Schall, citados por Fernández (1975) determinaron que las plantas resistentes tienen mayor concentración de ácido clorogénico, a su vez la concentración es mayor en las lenticelas, que en otras partes de la planta.

La distinta patogenicidad entre propágulos infecciosos o la diferencia que puede existir en relación con el estado de madurez de la superficie del tubérculo cuando se da la infección, puede llevar a que en un mismo tubérculo se presenten diferentes tipos de lesión (Hooker, 1980).

2.3.2.7. Virulencia y agresividad

La virulencia del patógeno depende de los factores de patogenicidad que la cepa posea, como ser la producción de fitotoxinas (Taxtomina A) causante de cambios fenotípicos del huésped (hipertrofia celular, retraso del crecimiento de raíces, necrosis de tejidos, etc.), de proteínas necrogénicas (Nec1) que actuarían suprimiendo las respuestas de defensa durante la infección, de enzimas que participan de la detoxificación de compuestos antimicrobianos secretados por las plantas (homólogos de la tomatinasa), entre otros y de cuánto éstos se expresen (Lapaz, 2011).

Taxtomina A es una fitotoxina que está involucrada en el desarrollo de los síntomas de la sarna común. La producción de taxtomina determina la patogenicidad de las diferentes especies, aunque hay otros factores, éste es el

más determinante (Bukhalid et al. 1997, Wanner 2004, Lawrence et al., citados por Lambert et al. 2006). Según Lambert et al. (2006) afecta el desarrollo de la pared celular y la deposición de celulosa. Las cepas que poseen mayor nivel de taxtomina producen una lesión más profunda que aquellas que tienen baja cantidad, las cuales producen síntomas superficiales (Loria et al. 1995, Leiner et al. 1996).

Los genes que codifican enzimas para la biosíntesis de taxtomina se agrupan en el cromosoma en una isla patogénica (PAI). La isla patogénica puede ser transferida entre bacterias, inclusive entre diferentes especies (transferencia horizontal) lo cual genera nuevas cepas patogénicas o especies (Loria et al., citados por Wanner y Haynes, 2009a).

Entre los diferentes aislamientos existe una amplia gama de agresividad, la cual puede variar según el año. En un aislamiento las variaciones observadas en cuanto a agresividad pueden ser atribuidas a las fluctuaciones en la concentración de inóculo en la tierra o el sustrato y/o a las condiciones ambientales como humedad y temperatura durante el transcurso del experimento (Pasco et al., 2005).

2.3.3. Tizón temprano

El género *Alternaria* fue definido por Ness en el año 1817, incluye especies con distintos hábitat, algunas especies se comportan como parásitos activos atacando tejidos vivos, otros como saprófitos que crecen en plantas senescentes y en el suelo a expensas de restos orgánicos e incluso también en el aire (Joly, 1964).

El tizón temprano es causado por *Alternaria solani* Sorauer que es un hongo Deuteromiceto (syn. *Macrosporium solani* Ellis and Martin) (Hooker, 1980).

Según Stevenson et al. (2004) la enfermedad foliar fue reportada por primera vez en 1893 y la del tubérculo no fue reconocida hasta 1925.

Es una de las más importantes dentro de las enfermedades foliares de la papa presentándose con mayor incidencia en los países ubicados en las zonas cálidas y húmedas, como India, Uruguay, Brasil y del Caribe, (CIP 1996, Torres 2002). En Uruguay según Vilaró y Maeso (1990), es la enfermedad foliar más prevalente y destructiva alcanzando mayor incidencia que el tizón tardío.

Alternaria solani es un patógeno importante de papa (*Solanum tubersum*. L.) y de tomate (*Lycopersicon esculentum*. L.), además afecta a otras especies

de la familia *Solanaceae*. También hay información que puede atacar a hospedantes de la familia *Brassicaceae* (Hooker, 1980).

Según Zachmann (1986) es una enfermedad importante en muchas zonas del mundo. En la zona tropical y subtropical es donde adquiere mayor importancia (Escande et al., 1984).

2.3.3.1. Importancia económica

El tizón temprano puede provocar importantes pérdidas en el rendimiento del cultivo de papa. Estudios realizados por Decoud y Mussaco (1980) en condiciones de producción nacionales muestran que en determinadas condiciones provocan pérdidas en el rendimiento del cultivo cercanas al 30%. Según Stevenson et al. (2004) las pérdidas rara vez superan el 20%, aunque se han reportados pérdidas de 70 - 80%. La disminución en estos rendimientos es debido a la reducción del área fotosintética y al acortamiento del ciclo (Vilaró y Maeso, 1990).

Si la enfermedad se registra cuando la planta es todavía joven provoca la maduración anticipada de los tubérculos hasta un mes antes de su maduración normal. Por lo que las pérdidas se traducen en menor tamaño de tubérculos y por ende menor producción (Fernández, 1979).

2.3.3.2. Sintomatología

La enfermedad se presenta en plantas desarrolladas cuando se inicia la formación de los tubérculos, siendo poco frecuente ver cultivos jóvenes atacados por este hongo (Castro y Contreras, 2011). Ataca principalmente al follaje, pero puede llegar al tallo y algunas veces también a los tubérculos (Méndez et al., 2009).

La infección inicial es más frecuente en las hojas más viejas, produciendo al comienzo pequeñas manchas de 1 a 2 mm (Hooker, 1980). Éstas son pardas, angulares y necróticas que en el centro tienen anillos concéntricos lo que da una apariencia característica de “ojo de buey” (CIP, 1985). Usualmente las lesiones aparecen alrededor de la floración y aumentan a medida que la planta crece (Figura No. 4, CIP, 1996).



Figura No. 4. Mancha de tizón temprano (*Alternaria solani*) en folíolos de papa. Fuente: Gepp ².

Las manchas desarrollan márgenes angulares a medida que se expanden y son limitadas por las nervaduras de las hojas. Pueden estar rodeadas con un borde clorótico que, con la formación de nuevas manchas y con el aumento de su tamaño, coalescen y la hoja íntegra se vuelve clorótica y finalmente se seca (Hooker, 1980).

Este hongo generalmente ocasiona la defoliación de la planta y en algunos casos las hojas secas quedan colgando de ésta (Zachmann, 1986).

En los tallos se manifiesta como manchas irregulares. En el tubérculo presenta una podredumbre levemente deprimida, seca de color oscuro y dura al tacto, que puede cubrir hasta el 50% de la superficie (Calderoni, 1978).

2.3.3.3. Biología

La fase sexual de *Alternaria solani* se desconoce (Zachmann, 1986). La fase asexual se propaga por esporas llamadas conidios, estos son cilíndricos, oscuro, con 9 a 11 tabiques o septas transversales y ninguna a pocas septas longitudinales. Tienen un apéndice delgado, hialino, tan largo como el resto del cuerpo y tabicado (Ellis 1971, Fernández 1979). El tamaño es de 15 a 19 µm de ancho y de 150 a 300 µm de largo. Los conidióforos que contienen las esporas pueden presentarse individualmente o en pequeños grupos (Figura No. 5, Hooker, 1980).

² Gepp, V. 2013. Com. personal.

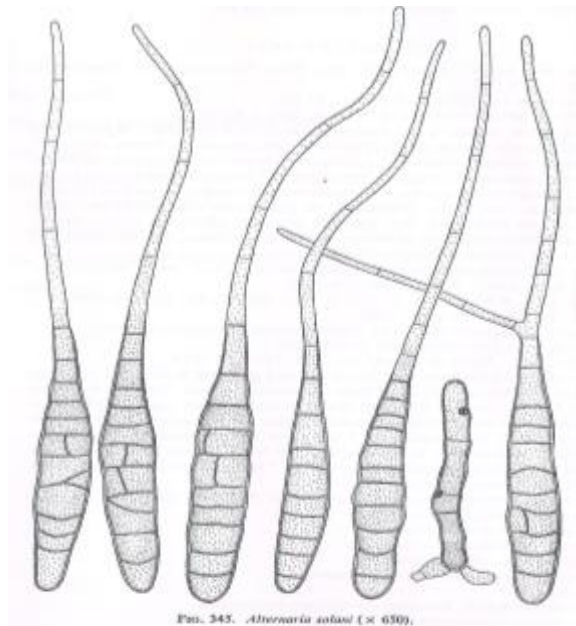


Figura No. 5. Conidios de *Alternaria solani*
Fuente: Ellis (1971).

2.3.3.4. Ciclo de la enfermedad

El hongo sobrevive como esporas o micelio en el suelo, en restos vegetales, o en otras solanáceas huéspedes (Figura No. 6). También puede permanecer sobre el tubérculo infectado (Christ 1998, Castro y Contreras 2011).

Según Fernández (1979) los conidios pueden permanecer viables durante ocho semanas en hojas de papa en condiciones desfavorables. También puede invernar en tallos afectados que quedan en el rastrojo siendo en muchos países la principal fuente de inóculo primaria ya que puede soportar temperaturas de 40 - 50° C sin perder su viabilidad.

La diseminación de las esporas se da por las corrientes de aire, salpicado de la lluvia y el agua de riego, pudiendo infectar las hojas en cualquier estado de desarrollo de la planta (Johnson 2008, Castro y Contreras 2011).

En la primavera las esporas son el inóculo primario para iniciar la enfermedad. Ésta comienza en las hojas totalmente expandidas cerca de la superficie del suelo debido a que están más expuestas al inóculo, y avanza lentamente a los nuevos tejidos (Johnson, 2008). Cuando las hojas comienzan a envejecer se desarrollan las lesiones típicas en las hojas inferiores, las

superiores pueden mostrarse sanas aun cuando pueden estar igual de infectadas (Zachmann, 1986).

Se comporta como una enfermedad policíclica ya que es capaz de producir esporas y reinfectar las plantas varias veces durante una temporada de crecimiento del cultivo de papa (Stevenson et al. 2004, Dennis 2008).

La propagación secundaria del patógeno comienza cuando las esporas producidas en las lesiones son llevadas a las otras hojas y plantas vecinas. Aquellas zonas donde en la temporada anterior los cultivos fueron infectados por este hongo son más propensas a la infección (Zachmann 1986, Johnson 2008). Cuando las condiciones son favorables (lluvias y rocíos) y el tejido se halla en condición de susceptibilidad, se inician las epidemias (Fernández, 1979).

Varios autores coinciden en que las condiciones de receptividad de la planta son cuando ésta está en floración y postfloración (Fernández 1979, Castro y Contreras 2011). Según Johnson (2008), la velocidad de propagación del hongo se incrementa luego de la fase reproductiva y puede ser más rápida al final de la temporada durante el llenado de los tubérculos y en períodos de estrés.

Los conidios germinan y penetran en los tejidos de la planta huésped directamente a través de la epidermis y también por estomas y heridas (Johnson, 2008). Su producción es proporcional al tamaño de la lesión, las de tamaño menor a 4 mm de diámetro rara vez contienen conidios (Stevenson et al., 2004).

Los conidios pueden penetrar al tubérculo por las lenticelas y heridas mecánicas durante la cosecha (Christ 1998, Stevenson et al. 2004, Johnson 2008). La enfermedad no se propaga entre tubérculos y por lo general tampoco en el almacenamiento (Stevenson et al., 2004).

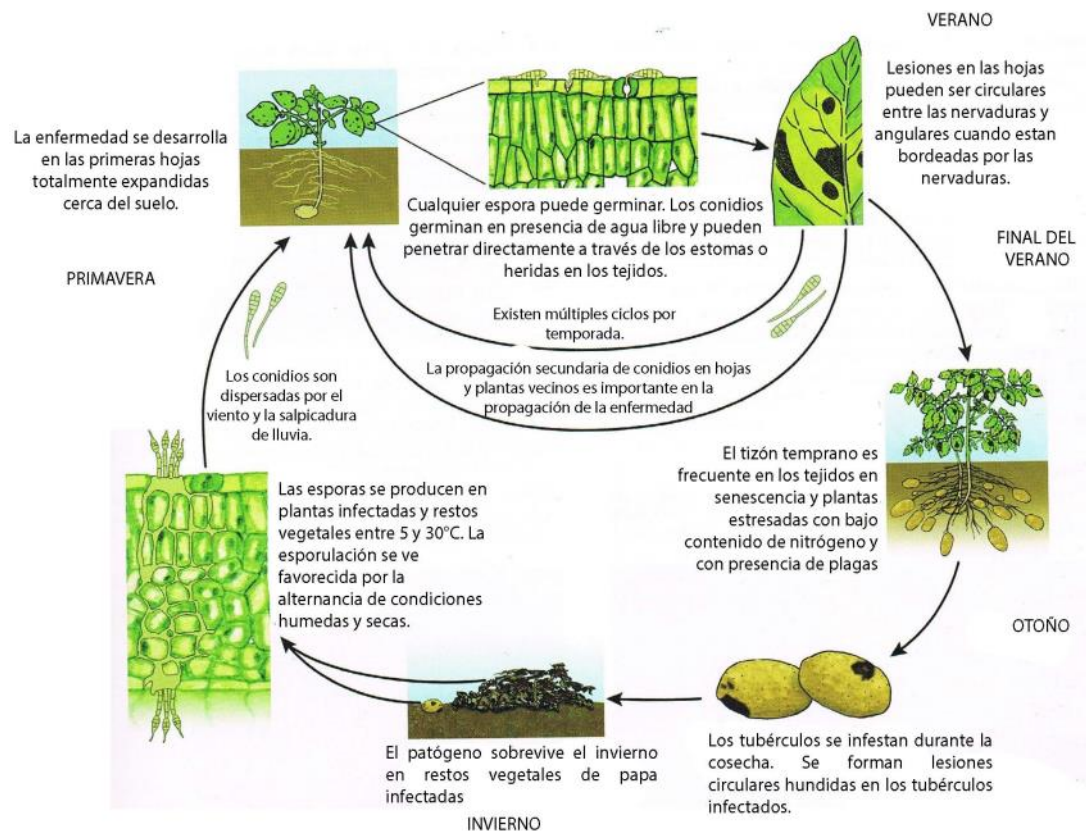


Fig. 21.5. Life cycle of the early blight pathogen, *Alternaria solani*. (Reprinted from P. Wharton and W. Kirk, 2007, Early Blight,

Figura No. 6. Ciclo biológico de tizón temprano causado por *Alternaria solani*.
Fuente: modificado de Johnson (2008).

2.3.3.5. Condiciones predisponentes

El ataque se puede presentar en cualquiera de las dos épocas de siembra, especialmente en otoño, aunque los cultivos de primavera y verano pueden sufrir ataques graves (Vilaró y Maeso, 1990).

El estrés hace que los cultivos se vuelvan más susceptibles, como por ejemplo, suelo desgastado, baja disponibilidad de nitrógeno, cultivos senescentes y factores climáticos (Vilaró y Maeso, 1990).

Harrison et al., citados por Rousselle et al. (1999) demostraron que la infección de hojas jóvenes no provoca enfermedad y que las primeras lesiones aparecen en las hojas senescentes. Por lo tanto las hojas de mayor edad son las más sensibles y su sensibilidad aumenta a medida que la planta envejece.

La aplicación de nitrógeno reduce el nivel de enfermedad al prolongar la vida de la planta y retardar su senescencia (Palletier y Fry, citados por Rousselle et al., 1999).

La temperatura óptima para la formación de conidios y conidióforos es de 19 a 23°C y la del micelio es de 28°C. La formación de conidióforos se inhibe a temperaturas mayores a 32°C y en ausencia de luz. La formación de conidios es inhibida por temperaturas mayores a 27°C y por la presencia de luz cuando la temperatura supera los 15°C. Las esporas germinan en 35 minutos en el agua siempre que la temperatura sea óptima (24 a 32°C) y la infección se reduce cuando la humedad relativa es menor al 96% (Hooker 1980, Smith et al. 1992, Stevenson et al. 2004).

Además del agua libre (lluvia, rocío, riego por aspersión), la cosecha mecánica y el almacenamiento a temperaturas mayores de 10°C favorecen la germinación de los conidios (Fernández 1979, Zachmann 1986). La alternancia de condiciones húmedas, secas y soleadas durante 36 horas es muy favorable para la formación de estos conidios (Rousselle et al. 1999, Stevenson et al. 2004)

Las esporas siguen un patrón diurno en su dispersión, donde el número de esporas en el aire aumenta a medida que las hojas y restos de plantas húmedas, comienzan a secarse. Por lo general los picos son a media mañana y disminuye en la tarde y noche (Johnson, 2008).

2.3.3.6. Resistencia del cultivo

Las variedades de papa muestran diferentes niveles de resistencia a *Alternaria solani*, pero ninguna de ella es inmune. Las de ciclo largo son las menos susceptibles, debido a que cuando éstas llegan a su madurez las condiciones no son las óptimas para el desarrollo de la enfermedad. Las variedades de ciclo corto, cuando alcanzan su estado madurez se dan las condiciones óptimas para su desarrollo, además de que las plantas comienzan la etapa de senescencia lo cual las hace más susceptible frente a este hongo (Hooker 1980, Rousselle et al. 1999). Según Vilaró ³ se debe considerar además del largo del ciclo el estado fisiológico de la semilla ya que un estado avanzado de brotación puede acortar el ciclo y magnificar el efecto varietal.

Según Escande y Calderoni, citados por Calderoni (1978) las variedades de ciclo largo con más de 120 días de vegetación (P. ej. Kennebec)

³ Vilaró, F. 2014. Com. personal.

a los 81 días se encuentran susceptibles al ataque de *A. solani*. Los cultivares de ciclo corto (P. ej. Red Pontiac) se vuelven receptivas a los 70 días. Además estas últimas pueden servir como fuente de inóculo para las variedades que maduran más tardíamente (Zachmann 1986, Méndez e Introza 2009).

Trabajos realizados en condiciones de campo por Torres y Ames, citados por Torres (2002) muestran que en plantas precoces inoculadas artificialmente se producen manchas necróticas, que aumentan su tamaño iniciando la enfermedad, produciendo luego la defoliación de las hojas del tercio inferior y ocasionando la muerte de la planta 10 a 30 días antes de lo natural. En cambio en plantas tardías se producen manchas necróticas que no llegan a causar defoliación.

2.3.4. Tizón tardío

El tizón tardío es causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, pertenece a la clase Oomycetes, orden *Pythiales* y familia *Pythiaceae* (Stevenson et al., 2004).

Es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de la papa, alcanzando en varias oportunidades dimensiones desastrosas, como el caso de la hambruna de Irlanda a finales de 1840 (Stevenson et al., 2004).

Los inicios de la investigación sobre tizón tardío fueron a mediados de 1845, pero fue Bary quien en 1876 determinó que el hongo, *Phytophthora infestans*, era la causa del tizón tardío (Urquijo et al. 1961, Erwin y Ribeiro 1996).

Además de la papa, este hongo ataca al tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), el pepino dulce (*S. muricatum* Ait.), ocasionalmente a la berenjena (*S. melongena*) y a otras especies de la familia *Solanaceae* (Abad et al., citados por Torres, 2002).

Se encuentra distribuido a nivel mundial, el centro de origen es América Central, principalmente en México donde se fue extendiendo a regiones con condiciones favorables para su desarrollo (Calderoni 1978, Smith et al. 1992).

2.3.4.1. Importancia económica

Las pérdidas de rendimiento son difíciles de estimar ya que afecta la producción y la calidad del tubérculo. James et al., citados por Rousselle et al. (1999), en investigaciones realizadas en Canadá, registró pérdidas de rendimiento del 24-53%, aunque existen estimaciones hechas por Bedin, citado

por Rousselle et al. (1999) que lo máximo alcanzable es 90% de pérdida en la cosecha.

Los ataques tempranos en el cultivo puede reducir su producción y los ataques tardíos puede ser dañinos debido al aumento de riesgos de daños al tubérculo donde la enfermedad afecta la conservación y su calidad (Smith et al. 1992, Rousselle et al. 1999).

2.3.4.2. Sintomatología

P. infestans puede infectar a todas las partes de la planta de papa. Los primeros síntomas se presentan en las hojas inferiores donde el microclima es más húmedo (Figura No. 7). Las lesiones foliares son muy variadas, dependiendo de la temperatura, humedad, intensidad de luz y variedad del hospedante. Comienzan en las puntas y bordes de las hojas. Inicialmente las lesiones son de color verde claro y verde oscuro, si se dan condiciones favorables progresan y se convierten en grandes manchas pardas o negras con forma circular con un halo amarillento que no respeta las nervaduras, llegando a causar la muerte del foliolo (Hooker 1980, Stevenson et al. 2004, Johnson 2008).

Las manchas que se observan en el haz de la hoja coinciden con las del envés donde se desarrolla en condiciones favorables el mildiu blanquecino formado por esporangios y esporangióforos (Torres, 2002).

Las lesiones en los tallos se inician en el punto de conexión con la hoja o en cualquier otro sector si son infectados directamente. Son de color oscuro y se desarrollan a lo largo de la longitud del tallo (Henfling 1987, Torres 2002).



Figura No. 7. Síntomas foliares de tizón tardío.
Fuente: Gepp ²

Los tubérculos afectados presentan una decoloración superficial e irregular, produce una podredumbre firme, granular y pardo rojiza. Estas lesiones son una vía de entrada para otros patógenos como *Erwinia* spp. y hongos como *Fusarium* spp. que causan podredumbres (Henfling 1987, Smith et al. 1992, Stevenson et al. 2004). Los síntomas en tubérculos se diferencian de los causados por tizón temprano en que en este último no se extienden en forma irregular dentro del interior del tejido como ocurre con tizón tardío que puede ocasionar lesiones irregulares ligeramente hundidas llegando a profundizar hasta 15 mm (Hooker 1980, Zachmann 1986).

2.3.4.3. Biología

P. infestans se caracteriza por tener micelio sin tabiques transversales, de color hialino de 3-4 micras de diámetro. La reproducción ocurre de manera sexual y asexual (Urquijo et al. 1961, Henfling 1987).

La forma asexual presenta esporangióforos, éstos emergen a través de los estomas de las hojas y en sus extremos se desarrollan los zoosporangios que en su interior contienen las zoosporas las cuales son liberadas una vez alcanzada la madurez (Henfling, 1987).

La forma sexual que previamente solo se encontraba en México y en otros lugares de Centroamérica a partir de 1984 fue reportada en varias partes del mundo. Existen dos tipos de formas de apareamiento (A1 y A2) que cuando están juntas producen las oósporas, estructuras de paredes gruesas y resistentes capaz de soportar condiciones desfavorables (Henfling 1987, Johnson 2008).

2.3.4.4. Ciclo de la enfermedad

Este patógeno es un parásito obligado, el cual en ausencia de reproducción sexual, sobrevive en forma de micelio en los tubérculos infectados o en plantas espontáneas nacidas de restos de cosechas precedentes (Figura No. 8). En presencia de reproducción sexual también lo puede hacer en forma de oósporas que son resistentes a condiciones adversas (Torres 2002, Stevenson et al. 2004). Según Niderhauser, citado por Torres (2002), las oósporas pueden sobrevivir en restos del cultivo y/o en el suelo hasta dos años.

Según Stevenson et al. (2004) la reproducción asexual es la principal causante de epidemias de tizón tardío, ya que el ciclo puede ocurrir repetidas veces en una estación de cultivo. En condiciones favorables se forman los esporangios que puede infectar por germinación directa o formar zoosporas. La germinación e infección del esporangio solo ocurre en presencia de agua libre,

se diseminan por el aire y por el agua al follaje de otras plantas y a cultivos vecinos. Los esporangios pueden pasar al suelo desde el follaje y alcanzar e infectar los tubérculos si estos están sobre la superficie (Hooker 1980, Torres 2002, Castro y Contreras 2011).

La enfermedad puede transmitirse de tubérculo a tubérculo durante la cosecha, la manipulación y en el almacenamiento (Johnson, 2008).

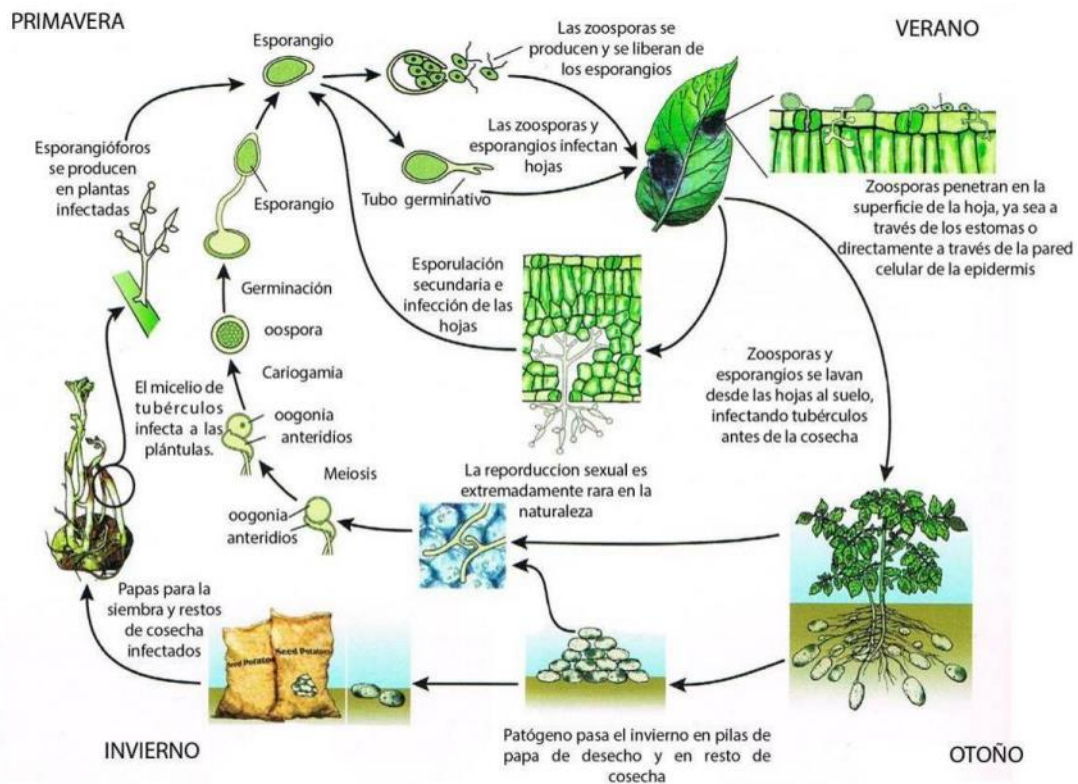


Fig. 21.14. Life cycle of the late blight pathogen, *Phytophthora infestans*. (Adapted from Kirk et al., 2004)

Figura No. 8. Ciclo biológico de tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*.

Fuente: modificado de Johnson (2008).

2.3.4.5. Condiciones predisponentes

Según Calderoni (1978) la planta de papa puede ser infectada a cualquier edad aunque es raro que suceda en plantas jóvenes. El momento más crítico es cuando la tuberización no ha alcanzado su total desarrollo.

El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por temperaturas frescas (16 - 21°C), clima nublado y húmedo donde continuamente se forman

los esporangios (Henfling, 1987). El micelio y los esporangios se desarrollan mejor a una temperatura de 21°C, pero este hongo es capaz de mantenerse vivo en un rango de 0 a 28°C (Hooker 1980, Henfling 1987).

La humedad relativa por encima de 95% dentro del follaje es la que favorece la formación de esporangios, la cual requiere ocho horas de alta humedad a temperatura óptima para la liberación de zoosporas y penetración de las mismas. El agua libre en las hojas por un período de dos horas es fundamental para la formación, germinación y penetración de zoosporas. En esas condiciones un ciclo de enfermedad se completa en tres días (Hooker 1980, Henfling 1987).

Los tubérculos en el suelo que no están bien aporcados son susceptibles a la infección debido a que las zoosporas en las hojas pueden bajar con el agua de lluvia. Las zoosporas con falta de agua mueren por desecación (Henfling, 1987).

2.3.4.6. Resistencia

Existen dos tipos de resistencia, la resistencia vertical que presenta corta duración en condiciones de cultivo comercial porque quiebra frente a la presencia de nuevas razas; y la resistencia horizontal que es más estable en el tiempo y en el espacio (Torres, 2002).

El mejoramiento genético se basó durante mucho tiempo en la introducción de genes de resistencia monogénica (o vertical) obtenidos de una especie silvestre (*S. demissum*). Se han identificado e introducido once genes que representan solamente una parte de la variabilidad existente. Esta resistencia específica no ha tenido mucho éxito debido a la existencia de aislados capaces de superarla. La búsqueda se orienta hacia la resistencia no específica (horizontal) a razas de *P. infestans* con el objetivo de reducir la velocidad de expansión de la enfermedad (Smith et al. 1992, Rousselle et al. 1999).

El nivel de resistencia genético varía, cada variedad posee un comportamiento distinto, por ejemplo Red Pontiac una variedad precoz es atacada muy temprano en cambio Kennebec es atacada más tarde ya que posee cierta resistencia genética (Calderoni, 1978).

Hoy en día también se aplican técnicas de mejoramiento utilizando técnicas biotecnológicas. Entre ellas la cisgenia (introducción de genes pertenecientes a la misma especie o especies emparentadas) es una nueva

herramienta para el mejoramiento de la papa. Mediante este método se introdujeron dos genes, *rpi-sto 1* y *rpi-vnt 1*, provenientes de especies emparentadas *S. stoloniferum* y *S. venturii* respectivamente, en tres variedades de papa. Uno de los grupos evaluados, que no tenía el marcador de resistencia pero si los dos genes, presentó resistencia de alto espectro a tizón tardío (Jo et al., 2014).

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN EL TRABAJO

2.4.1. Arequita

Este cultivar de origen nacional creado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), tiene un ciclo semi-tardío de aproximadamente 120 días, presenta un período medio de dormición de 80 días. Tiene un potencial de producción alto, de 40 a 50 t/ha. Para un almacenamiento prolongado es necesario realizarlo en condiciones controladas (Vilaró et al., 2013).

La planta es de hábito semi-postrado, con desarrollo de follaje temprano en el ciclo y vigoroso. Los folíolos son pequeños a medianos de color verde oscuro, el tallo es grueso, alado de color violáceo en su base y la flor de color lila. El tubérculo es de tamaño medio a grande con forma oval-alargada, piel lisa de color rosado intenso y pulpa crema pálida. Presenta un contenido de materia seca medio a bajo, aproximadamente de 16-17% (Vilaró et al., 2013).

Resistente a sarna común, a virus (siendo inmune a PVY), tolerante a tizón temprano, pero susceptible a tizón tardío. Ha demostrado cierta susceptibilidad a *Fusarium* si se dan las condiciones ambientales favorables, como alta temperatura en siembras tardías. Es tolerante a la sequía y con buena adaptación a diferentes sistemas de producción (Vilaró et al., 2013).

2.4.2. Daymán

Este cultivar de origen nacional creado por el INIA, tiene un ciclo de producción medio de 100 a 110 días, período de dormición corto de aproximadamente 60 días. Tiene un potencial de producción medio, de 25 a 35 t/ha (Vilaró et al., 2013).

Esta variedad se caracteriza por tener una alta tasa de tuberización y los tallos son alargados y gruesos, coloración violácea en la base. Hábito semi-postrado con crecimiento vigoroso. Los folíolos son de tamaño mediano a grandes de color verde claro y la flor de color violeta. El tubérculo es de tamaño

medio, con forma redonda oval, piel lisa color rojo intenso y pulpa blanca. Presenta un contenido de materia seca medio aproximadamente de 18-19% (Vilaró et al., 2013).

Según Vilaró ³ esta variedad tiene cierto grado de susceptibilidad a sarna común, es inmune a PVY, susceptible a *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*. Puede mostrar daño de rajado por *Rizoctonia solani* si se siembra con altas temperaturas de suelo. No es tolerante a la sequía pero posee buena adaptación a diferentes zonas y ciclos (Vilaró et al., 2013). En ensayos realizados en otoño y en primavera por INASE (2013a, 2013b) la presencia de sarna registrada fue baja.

2.4.3. INIA-Iporá

Cultivar de origen nacional creado por el INIA es de ciclo semi-tardío de aproximadamente 110 a 120 días, el período medio de dormición es corto de 50 días. Es una variedad que tiene un potencial de producción alto, de 40 t/ha (Vilaró et al., 2004).

Planta de hábito semi-postrado, con crecimiento del follaje vigoroso con foliolos pequeños, de color verde oscuro, los tallos son numerosos y finos, la floración es abundante en primavera. Se caracteriza por producir un elevado número de tubérculos en promedio 10 por plantas, de mediano tamaño, forma redonda oval, piel color crema y pulpa blanca (Vilaró et al., 2004).

Resistente a sarna común, y a virus como PVY y PLRV. Susceptible a tizón temprano y tizón tardío. Presenta tolerancia a la sequía. En ensayos realizados en otoño y en primavera por INASE (2013a, 2013b) la presencia de sarna registrada fue baja (Vilaró et al., 2004).

2.4.4. Chieftain

Cultivar de origen canadiense es de ciclo semi-tardío de aproximadamente 110 días. El período medio de dormición es de 90 días (Aldabe, 2000).

Planta de hábito erecto, alta con hoja grande color verde oscuro. El tubérculo es de buen tamaño 150 a 200 g en promedio, con forma redonda oval, piel color rojo vivo y pulpa blanca (Aldabe, 2000).

Resistente a sarna común, susceptible a virus como PLRV, PVX y PVY, tizón temprano, tizón tardío y a la sequía (Aldabe, 2000). Para Vilaró ³ en ensayos de campo esta variedad muestra cierto grado de susceptibilidad a

sarna. En ensayos realizados en otoño por INASE (2013a, 2013b) la presencia de sarna fue media. En cambio para el mismo ensayo en primavera se registró una alta presencia.

2.4.5. Rudolph

Rudolph es una variedad de papa de origen holandesa que surge del cruzamiento de Chieftain x Stirling. Su ciclo es semi-tardío. Tiene un período de dormición largo parecido al de Chieftain y presenta alto rendimiento (NIVAP, 2011).

La planta se caracteriza por ser alta, los tallos son erguidos, las hojas son medianas a grandes de color verde oscuro. Estructura del follaje de tipo intermedio. El tubérculo es de tamaño grande, con forma oval a oval redondeada, piel color rojo, lisa y pulpa blanca. Presenta un contenido de materia seca medio (NIVAP 2011, Díaz et al. 2013).

Sensible a sarna común, *Phytophthora* en hoja, y al virus PVYn. Medianamente resistente al virus PVX, bastante resistente a la *Phytophthora* del tubérculo y resistente a la sarna verrugosa. En ensayos realizados por INASE (2013a, 2013b) en otoño la presencia de sarna fue media, para el mismo ensayo en la primavera fue alta (NIVAP, 2011).

2.4.6. Red Magic

Es una variedad originaria de Estados Unidos, semi-temprana de alta producción similar a Chieftain ². Alta calidad del tubérculo, de forma oblonga corta, con piel roja fuerte de pulpa blanca. Tiene un período de dormición largo (SAUDU, s.f.).

Según Vilaró ³ esta variedad presenta menor susceptibilidad a sarna común respecto a Chieftain. Es susceptible a tizón temprano, tizón tardío, PVX y PVY.

2.5. METODOLOGÍA PARA EVALUAR SUSCEPTIBILIDAD DE VARIEDADES DE PAPA

2.5.1. Preparación de inóculo e inoculación con *Streptomyces* spp.

En evaluaciones realizadas por Lambert et al. (2006) sobre susceptibilidad a sarna de variedades de papa el inóculo se preparó pelando las lesiones con sarna de tubérculos de la variedad Katahdin, y moliéndolo en agua destilada.

Otros trabajos realizaron la inoculación mediante un preparado a base de colonias cultivadas con 15 ml de Agar Potato-Dextrosa (PDA) en placa de Petri y colocadas a 27°C durante 8 a 10 días para favorecer su crecimiento. Se obtiene una suspensión bacteriana colocando en 200 ml de agua estéril a dos placas de la misma cepa y se mezclan en licuadora. Finalmente el preparado se diluye en 12 litros de agua con una mezcla de suelo estéril compuesto por un tercio de arena y el resto de turba (Bouчек et al. 2000, Pasco et al. 2005).

Bencheikh y Setti (2007) luego de mezclar las colonias con agua destilada, ajustaron la mezcla para contener 3×10^7 ufc/ml de colonias de cada aislamiento, aplicaron 50 ml del preparado a cada tubérculo y los cubrieron inmediatamente con el suelo en macetas en condiciones de temperatura y foto período controladas. En cambio, Driscoll et al. (2009) utilizaron una concentración de 3×10^8 ufc/ml de *S. scabies* para inocular el suelo.

Lambert et al. (2006) inocularon antes de la siembra los trozos de papa semilla recién cortados, por un lado con *S. scabies* y por el otro con *S. acidiscabies*.

2.5.2. Metodología de evaluación de sarna común en tubérculos

James (1971) recomienda una escala en porcentaje de 1%, 10%, 25% y 50% para evaluar la superficie afectada con lesiones causadas por *S. scabies* en el tubérculo de papa (Anexo No. 1).

Haynes et al. (2010) para evaluar el porcentaje de superficie cubierta con lesiones de sarna utilizaron la escala de Merz (2000), de 0-6, donde 0= nada de la superficie involucrada, 1= 0-2%, 2= 2-5%, 3= 5-10%, 4= 10-25%, 5= 25-50%, y 6= >50% de la superficie cubierta con lesiones. El tipo de lesión fue evaluado en una escala de 0-5 basada en la clave de James (1971), 0= sin costra, 1= lesiones superficiales <10 mm de diámetro, 2= lesiones superficiales >10 mm de diámetro, 3= lesiones elevadas 10 mm de diámetro, 4= lesiones elevada >10 mm de diámetro, y 5= lesiones marcadas de todos los tamaños.

Mishra y Srivastava (2001) para evaluar la superficie del tubérculo cubierta por sarna utilizaron una escala modificada del 1 al 5, 1= 0-10%, 2= 10-25%, 3= 25-50%, 4= 50-75% y 5= 75-100%. Y otra escala de 1 al 3 para el tipo de lesión, 1= costra superficial, 2= costra elevada o medio profunda y 3= costra profunda. Para cada tubérculo se calculó un índice de sarna (Si) para agrupar los cultivares de papa según su susceptibilidad a sarna:
$$Si = (\text{superficie porcentaje cubierto} \times \text{el tipo de lesión} \times 100) / 15.$$

Las clases de Si según el índice de sarna son: 8-15= menos susceptible, 15-20= susceptibilidad media, 20-24= susceptibilidad alta y >24= susceptibilidad muy alta.

La escala que utilizaron Lambert et al. (2006) se basó en el tipo de lesión (LI), donde 0= ninguno, 1= lesiones superficiales <10 mm de diámetro, 2= lesiones superficiales >10 mm, 3= lesiones elevadas <10 mm, 4= lesiones elevadas >10 mm, 5= lesiones profundas.

2.5.3. Metodología de evaluación de daños foliares

Existen distintos métodos para la evaluación de la superficie foliar afectada por *Alternaria solani*. Horsfall y Barratt, citados por De la Fe et al. (2007) sugieren utilizar una escala del 1-12: 1= 0%; 2= 0-3%; 3= 3-6%; 4= 6-12%; 5= 12-25%; 6= 25-50%; 7= 50-75%; 8= 75-87%; 9= 87-94%; 10= 94-97%; 11= 97-100%.

En estudios realizados por Decoud y Musacco (1985) en tizón temprano, utilizaron para medir la evolución de la enfermedad un diagrama de porcentaje de superficie de folíolos afectados con una escala de 1%; 5%; 10%; 15%; 25%, (Anexo No. 2).

Para la evaluación de *Phytophthora infestans* James (1971), sugiere dos escalas basadas en el porcentaje de área foliar afectada, una para utilizar en los inicios de la enfermedad (niveles: 1; 10; 25; 50%) y otra cuando la infección es generalizada en el cultivo, niveles en %: 0= no se observó enfermedad; 0-1= pocas plantas afectadas esparcidas, 1 ó 2 manchas en un radio de 12 m; 1= hasta 10 manchas por planta o infección leve en general; 5= hasta 50 manchas por planta; 25= casi todos los folíolos están afectados, pero las plantas tienen forma normal; 50= toda la planta afectada, 50% del área foliar afectada; 75= 75% del área foliar afectada, en el campo predomina el color marrón en vez de verde; 95= pocas hojas en las plantas pero tallos verdes; 100= todas la hojas y tallo muertos (Anexo No. 3).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se instaló en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía ubicado en Camino Folle km. 35.500 s/n, Progreso, Canelones, Uruguay, latitud 34° 36.943' y longitud 56° 13.485', altitud promedio 40 m sobre el nivel del mar.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL

Se seleccionaron variedades de papa de piel rosada: 1) con mayor área de siembra en el Uruguay como Chieftain y Red Magic; 2) recientemente introducidas al país como Rudolph, 3) otras liberadas en el año 2013 por INIA, (Arequita y Daymán); y una variedad de piel blanca comúnmente utilizada por productores, INIA-Iporá. Las variedades de INIA fueron brindadas por dicha institución y el resto por el productor Lorenzo Braida.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo de parcelas divididas, con cuatro repeticiones y 18 tratamientos (combinaciones de inóculo por variedad), se utilizaron bloques debido a que la topografía del lugar presenta una pendiente de 1-1,5%. La parcela mayor correspondió a las alternativas de inoculación y la parcela menor a las variedades. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela formada por 16 plantas (Cuadro No. 2, Figura No. 9). Entre las variedades se dejó un espacio de 0,50 m y entre bloques 1,0 m de manera de evitar la mezcla varietal y las posibles transferencias de patógenos entre las parcelas mayores.

Cuadro No. 2. Tratamientos del ensayo

<u>Inóculo (parcela mayor)</u>	<u>Variedades (parcela menor)</u>
<i>Streptomyces scabies</i>	Chieftain
<i>Streptomyces acidiscabies</i>	Red Magic
Testigo	INIA-Iporá
	Arequita
	Rudolph
	Daymán

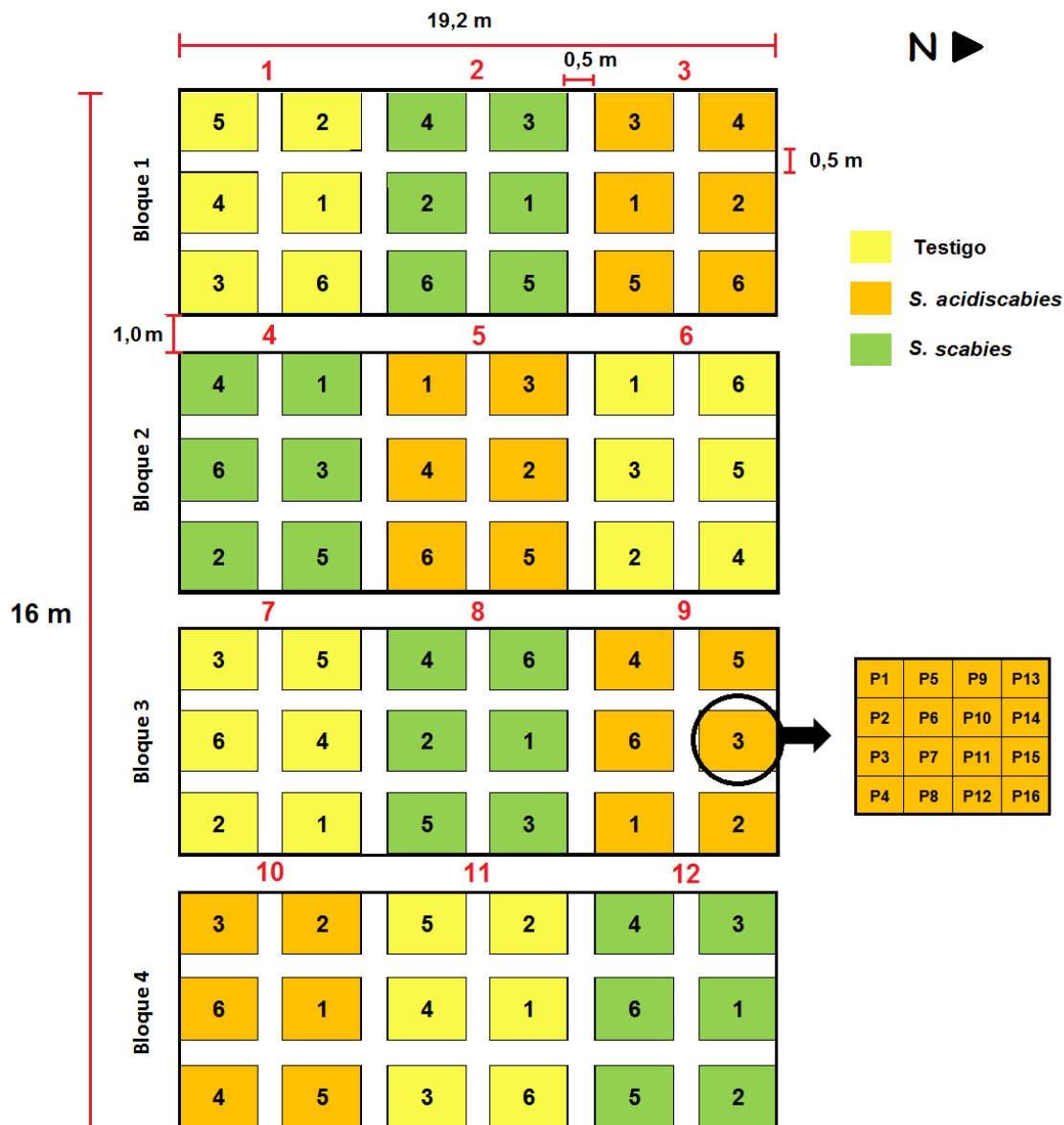


Figura No. 9. Mapa del ensayo: números en negro indican la variedad (1- Chieftain, 2- Red Magic, 3- INIA-Iporá, 4- Arequita, 5- Rudolph, 6- Daymán). Números en rojo indican la parcela.

3.3.1. Preparación y aplicación del inóculo

Las cepas utilizadas en el ensayo fueron St 124 y St 128 (*S. scabies*) y St 104 y St 115 (*S. acidiscabies*) brindadas por la Facultad de Química (UdelaR). Las características de dichas cepas se detallan en el Cuadro No. 3.

Cuadro No. 3. Características de las cepas de *Streptomyces* utilizadas en el ensayo.

Código de REP	Síntomas obs.	Color de esporas	Patogenicidad	Confirmadas por secuencias
St 104	Profunda	B	+	<i>S.acidiscabies</i>
St 115	Elevada	B	+	<i>S.acidiscabies</i>
St 124	Reticulada	G	+	<i>S. scabies</i>
St 128	Profunda	G	+	<i>S. scabies</i>

B: Blanco, G: Gris.

En el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía las cepas se sembraron en medio Papa Dextrosa Agar (PDA), mediante la técnica de estriado y se incubaron una semana a 28°C.

Para la preparación del inóculo de cada especie se licuaron las colonias con el medio PDA y se agregó agua destilada a razón de 50 ml por placa de Petri.

Para calcular la concentración de bacterias en el inóculo se realizaron diluciones seriadas 1/10, en solución salina 8.5%. Se hicieron 8 diluciones para cada especie y se sembraron 100 µl de los tubos 3, 5 y 8, haciendo dos repeticiones.

La concentración para la inoculación al momento de la siembra fue de 1.17×10^6 ufc/ml para *S. acidiscabies* y 4.58×10^6 ufc/ml para *S. scabies*. Para la segunda inoculación no se pudo efectuar el conteo de ufc debido a la contaminación de las placas.

La primera inoculación se realizó en el campo, previo a la plantación, mediante inmersión de los 16 tubérculos de cada variedad en el inóculo, durante 1 min (Figura No. 10). Este proceso se hizo por un lado para las parcelas con *S. acidiscabies* (3, 5, 9 y 10); por otro para las parcelas de *S. scabies* (2, 4, 8 y 12). Para el testigo, se utilizó agua destilada (parcelas 1, 6, 7 y 11).

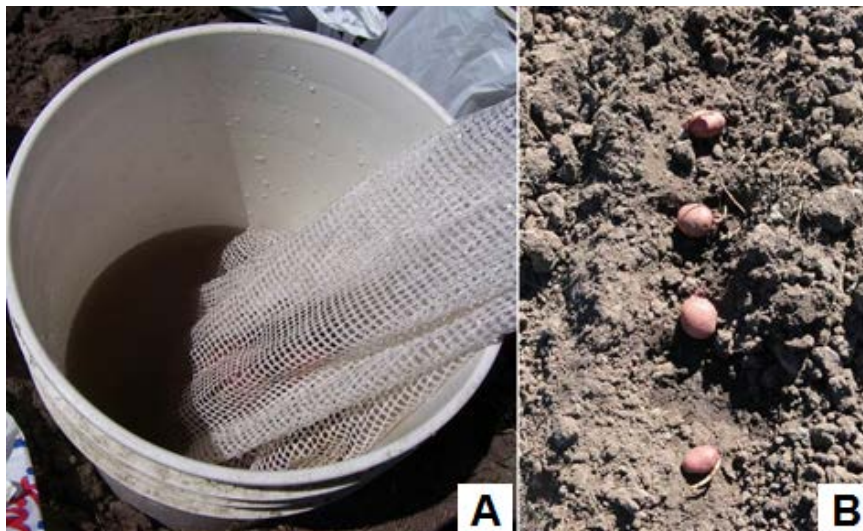


Figura No. 10. Primera inoculación. A: inmersión de los 16 tubérculos en el inóculo. B: siembra de los tubérculos.

La segunda inoculación se hizo aplicando 100 ml de inóculo al suelo, en la base de cada planta (Figura No.11).



Figura No. 11. Segunda inoculación aplicada en la base de la planta

3.4. SUELO Y ANTECEDENTES

El suelo donde se realizó el ensayo es un Brunosol Eútrico, con un pH débilmente ácido, alto contenido de fósforo y alto contenido de potasio (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Análisis del suelo donde se realizó el ensayo, año 2013.

pH		MO	P	K
H ₂ O	KCl	%	ppm	meq/100g
5,7	4,6	3,8	56	0,62

En el Anexo No. 4 se encuentra detallada la descripción de la unidad de mapeo y el perfil del suelo.

En el Cuadro No. 5 se presentan la secuencia de cultivos previos al ensayo. Solamente hubo papa la temporada anterior a la del ensayo.

Cuadro No. 5. Historia de uso del suelo del cuadro del ensayo.

2007	2008	2009	2010
pradera	pradera	incorporación de pradera/ cebolla	zanahoria/ moha
2011	2012	2013	
avena-trigo/ zapallo	cebolla	papa	

3.5. CLIMA

La información sobre temperatura media, humedad relativa y precipitación acumulada se obtuvieron de la estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate” del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Las Brujas, ubicada a 21 km del ensayo.

3.6. MANEJO DEL CULTIVO

3.6.1. Preparación de suelo

La preparación del suelo consistió en dos pasadas de excéntricas aradora en diferentes sentidos, una rastra de discos, rastra de dientes y por último se formó el surco con una encanteradora de discos, éstos fueron orientados en posición Este-Oeste.

3.6.2. Siembra

El ensayo se instaló el 15 de octubre de 2013 a una densidad de 50.000 plantas/ha. La siembra se realizó en forma manual, en surcos distanciados

entre sí a 70 cm. La distancia de siembra entre los tubérculos fue de 20 cm y la profundidad de 10 cm.

3.6.3. Fertilización, riego, control fitosanitario y de malezas

Se realizó una fertilización de base con 50 kg/ha de NH_4PO_4 (18-46-0). A los 35 días de la siembra se aplicaron 200 kg/ha de nitrógeno en forma de urea (46-0-0). No se realizaron tratamientos fitosanitarios. Para el control de malezas se utilizó un herbicida selectivo post-emergencia a base de metribuzin a una concentración de 0,8 litros/ha y desmalezado manual.

Al inicio del cultivo se realizó un riego por aspersión, luego en el mes de diciembre se colocó riego localizado por goteo, se utilizó una cinta porta gotero por cantero. Los emisores estaban separados a 0.30 m, con un caudal de 1.75 litros/hora. El riego se realizó de acuerdo a la necesidad hídrica del cultivo, teniendo en cuenta la precipitación y la temperatura.

3.6.4. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo del 14 al 20 de febrero del 2014 de forma manual. En el Cuadro No. 6 se describe por bloque las fechas y la edad del cultivo al momento de cosecha. Como criterio principal para determinar la fecha de cosecha se tomaron en cuenta los días transcurridos desde la siembra y la senescencia del follaje. Los tubérculos de cada planta se cosecharon de forma individual, se colocaron en bolsas de nylon identificándose variedad, inóculo y bloque.

Cuadro No. 6. Fechas y edad del cultivo al momento de cosecha, según bloques.

Bloque	Cosecha	Días desde la siembra
1	14/feb.	122
2	15/feb.	123
3	17/feb.	125
4	20/feb.	128

3.7. VARIABLES ANALIZADAS

Durante el cultivo se evaluaron la severidad de tizón temprano y tardío en el follaje. Luego de la cosecha se evaluó severidad de sarna común en los tubérculos y el peso de los mismos tubérculos.

3.7.1. Cuantificación de enfermedades foliares

Para la evaluación de la severidad de tizón temprano se utilizó la escala de Decoud y Musacco (1985) y para tizón tardío la escala de James (1971) para este cultivo (Anexo No. 2 y No. 3 respectivamente).

Las evaluaciones se realizaron semanalmente del 13 de diciembre del 2013 al 16 de enero del 2014, en las ocho plantas centrales de cada parcela. Se sacaron muestras de la sintomatología evaluada para su posterior confirmación en laboratorio, donde se hicieron aislamientos e identificación.

Para el aislamiento de tizón temprano se extrajeron trozos de la zona de avance de los síntomas, se desinfectó con hipoclorito 1% durante un minuto, luego se enjuagó con agua destilada estéril y se colocaron en medio PDA y en medio Agar Agua (AA). Luego se incubaron en estufa a 28 °C durante 7 días.

Se realizó una transformación a raíz cuadrada de la variable severidad a *Alternaría solani* para su mejor análisis.

3.7.2. Cuantificación de la severidad de sarna común en tubérculos

Para esta variable se realizó un submuestreo por parcelas, se seleccionaron al azar 8 plantas y se utilizaron los tres tubérculos de mayor tamaño de cada planta.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio del CRS, se limpiaron los tubérculos en forma individual con agua, de manera de eliminar la tierra adherida. Luego se evaluó severidad en cada tubérculo, registrando el porcentaje de sarna superficial, profunda y levantada de acuerdo a la escala de James (1971, Anexo No. 1). La sarna total resultó de la sumatoria de los tres tipos de síntomas.

Para el análisis de la severidad se realizó un promedio de los tres tubérculos por planta, de manera de tener ocho valores por variedad y por inóculo en cada bloque.

Para confirmar la presencia del patógeno en el área afectada se realizaron aislamientos de síntomas de sarna superficial y profunda. Se lavaron los tubérculos con agua corriente, se extrajo el tejido con síntoma de sarna, se desinfectó con hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto, se enjuagó con agua destilada estéril y luego se maceró. Se realizaron tres diluciones seriadas 1/10 en agua destilada estéril y se sembraron 50 µl del macerado y de cada

dilución en medio AA con antibiótico (Anexo No. 5) con una espátula de Drigalski, luego se incubó a 28°C durante 10 días. Se repicaron las posibles colonias con características de *Streptomyces* spp. en medio Yeast malt extract (YME) y se incubó a 28°C durante 7 días. Luego se observaron las colonias bajo lupa para determinar las características morfológicas y culturales.

3.7.3. Cuantificación del peso de los tubérculos

Se registró el peso en conjunto de los tres tubérculos de cada planta con una balanza electrónica de marca “Chyo” con una precisión $\pm 0,01$ g. Para el estudio del peso de los tubérculos, se realizó un promedio de las ocho plantas por variedad y por inóculo para cada bloque.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Para la variable severidad de tizón temprano y para sarna en tubérculos se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_j + I_i + \delta_{ij} + V_k + \gamma_{jk} + (IV)_{ik} + P_l + \varrho_{jlk} + \varepsilon_{ijkl}$$

j: 1,2,3,4

i: 1,2,3

k: 1,2,3,4,5,6

l: 1,2,3,4,5,6,7,8

donde:

Y_{ijkl} : Severidad en el i-ésimo inóculo, j-ésimo bloque, k-ésima variedades y en la l-ésima planta.

μ : media poblacional

β_j : efecto relativo del j-ésimo bloque.

I_i : efecto relativo del i-ésimo inóculo

δ_{ij} : error experimental asociado a la parcela mayor

V_k : efecto relativo de k-ésimo variedad

γ_{jk} : error asociado a la parcela menor.

$(IV)_{ik}$: efecto de la interacción entre i-ésimo inóculo y la k-ésima variedad

P_l : efecto relativo de la l-ésima planta

ϱ_{jlk} : error asociado a la submuestra

ε_{ijkl} : error experimental (residual) asociado al i-ésimo inóculo, j-ésimo bloque, k-ésima variedad y l-ésima planta.

➤ Para la variable peso de tubérculos se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + I_i + \delta_{ij} + V_k + \gamma_{jk} + (IV)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

j: 1,2,3,4

i: 1,2,3

k: 1,2,3,4,5,6

donde:

Y_{ijk} : Peso promedio de tubérculo en el i-ésimo inóculo, j-ésimo bloque y la k-ésima variedad

μ : media poblacional

β_j : efecto relativo del j-ésimo bloque.

I_i : efecto relativo del i-ésimo inóculo

δ_{ij} : error experimental asociado a la parcela mayor.

V_k : efecto relativo de k-ésimo variedad

γ_{jk} : error asociado a la parcela menor.

$(IV)_{ik}$: efecto de la interacción entre i-ésimo inóculo y k-ésima variedad

ε_{ijk} : error experimental (residual) asociado al i-ésimo inóculo y k-ésima variedad en el j-ésimo bloque.

Para estimar medias de tratamientos y sus respectivas comparaciones se realizaron análisis de varianzas (ANAVA) para las variables de interés. Para la comparación entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los análisis fueron implementados mediante el programa estadístico SAS 9.2 (SAS Institute, 2005).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para este ciclo de cultivo en particular (primavera 2013 - verano 2014), se dieron condiciones climáticas no habituales para los últimos 35 años, con precipitaciones por debajo de lo histórico en los meses de octubre y diciembre, mientras que en los meses de noviembre, enero y febrero se registraron precipitaciones muy por encima a la media histórica (Figura No. 12).

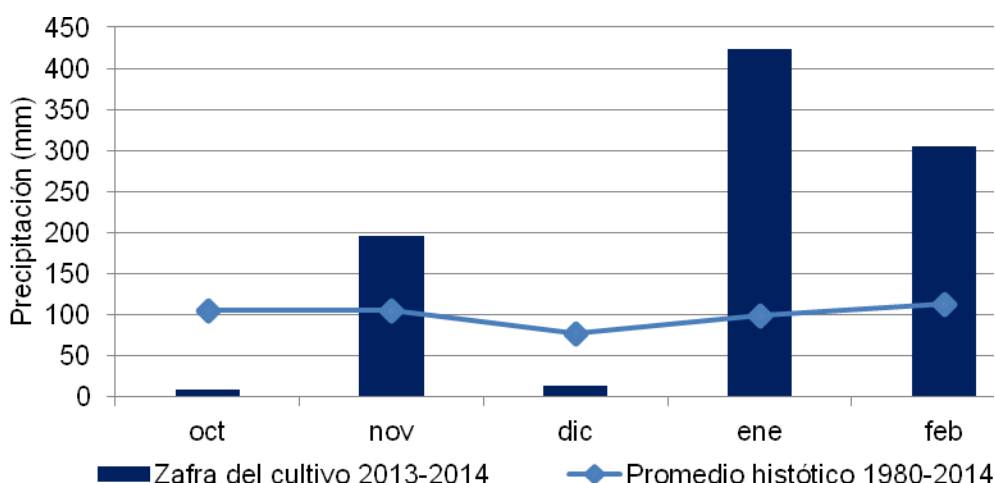


Figura No. 12. Precipitación mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.
Fuente: INIA. GRAS (2014).

La temperatura media estuvo por encima del promedio histórico durante todo el período del ensayo, alcanzando su máximo en el mes de diciembre (Figura No. 13).

La humedad relativa media estuvo por debajo del promedio histórico de octubre a diciembre, en enero y febrero superó la media (Figura No. 14).

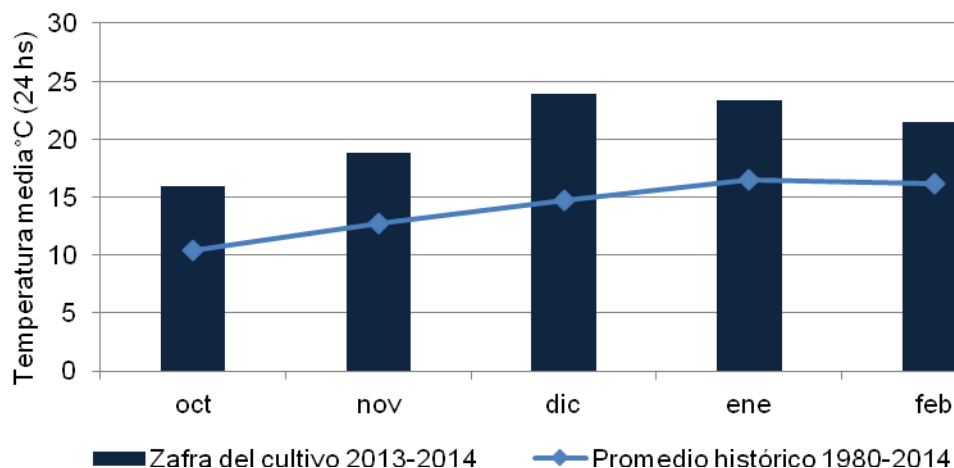


Figura No. 13. Temperatura media mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.
Fuente: INIA. GRAS (2014).

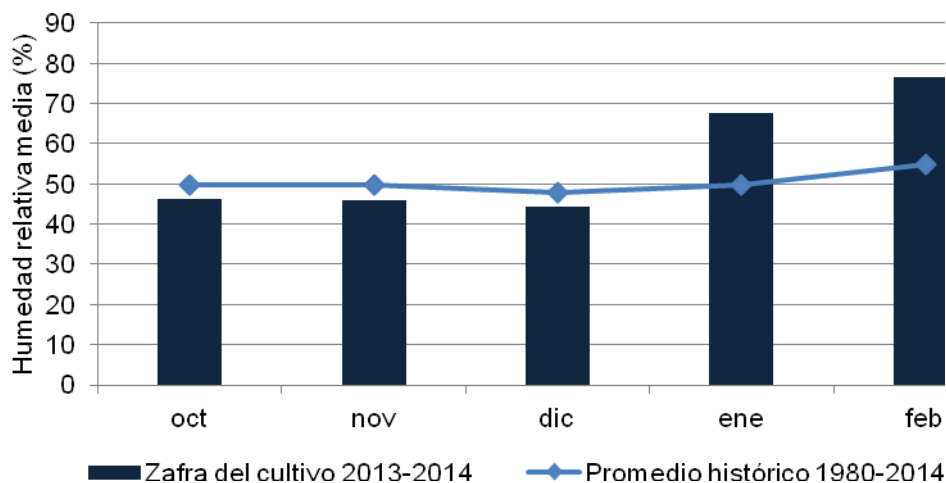


Figura No. 14. Humedad relativa media mensual de la zafra del cultivo 2013-2014 y promedio histórico mensual.
Fuente: INIA. GRAS (2014).

En los Anexos No. 6, No. 7 y No. 8 se muestran en detalle los datos de precipitación, temperatura media y humedad relativa media para la zafra del cultivo (desde el 11 de octubre del 2013 al 15 de febrero del 2014).

En la Figura No. 15 se muestra el promedio de agua disponible en el suelo cada 10 días, desde la instalación del cultivo a la cosecha. A partir de octubre el agua disponible en el suelo disminuyó, luego aumentó en el mes de

noviembre coincidiendo con las precipitaciones. En diciembre se registró el mínimo para el período de estudio, mientras que el máximo se dio a fines de enero-principio de febrero.

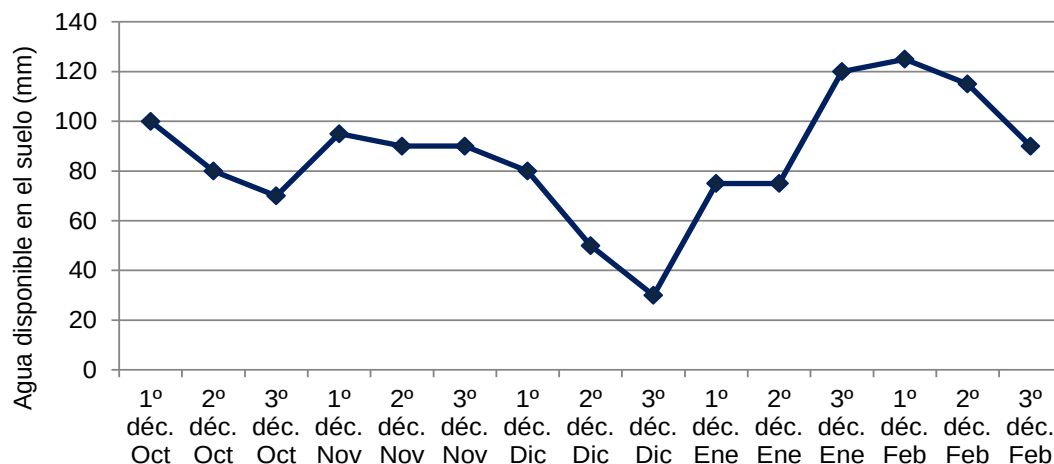


Figura No. 15. Agua disponible en el suelo cada 10 días para el período del cultivo.

Fuente: INIA. GRAS (2014).

Para el caso de *Alternaria* spp se dieron condiciones ambientales favorables para su desarrollo en el mes de enero, registrándose una temperatura media de 23°C y alta humedad relativa. El desarrollo de *Phytophthora infestans* se favorece con temperaturas más bajas que la media registrada.

Las condiciones climáticas registradas en la etapa de tuberización fueron las adecuadas para el desarrollo de la enfermedad provocada por *Streptomyces* spp. Como menciona Khatri et al. (2009), el período más susceptible a la infección se da en los 20 días posteriores a la iniciación del tubérculo, esto sería aproximadamente 50 días desde la siembra, en el mes de diciembre. Las precipitaciones para este mes durante la temporada en estudio fueron de 13,1 mm, situándose por debajo de la media histórica y la temperatura media 24°C, superando la media histórica (Figura No. 12 y Figura No. 13). Smith et al. (1992) afirman que las lesiones se producen a 20°C, pudiendo llegar a ser más severas con temperaturas más altas. Para Lutomirka (2008) la temperatura media del suelo fue el principal factor que determinó la infección de tubérculos.

La humedad del suelo también fue la adecuada, en el mes de diciembre se registró la menor cantidad de agua disponible (Figura No. 14). Para Aldabe y Aldabe (1977) la infección es alta si el suelo está relativamente seco.

Muchos factores, y la combinación de éstos pueden determinar el tipo de lesión, según Labruyére, Hooker y Babcock et al., citados por Tajul et al. (2013), la combinación entre la resistencia del huésped, la agresividad de la cepa del patógeno, el momento de infección y las condiciones ambientales estarían determinando el tipo de lesión.

4.2. SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES FOLIARES

No se detectó la presencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) durante el cultivo. Solamente se observaron ataques foliares de tizón temprano (*Alternaria* spp.) a partir de los 76 días desde la siembra. En la Figura No. 16 se pueden observar las manchas necróticas con anillos concéntricos que se evaluaron en el ensayo, al comienzo se encontraron en las hojas inferiores y luego en toda la planta, coincidiendo con lo descrito por Hooker (1980), CIP (1985).



Figura No. 16. Manchas foliares de tizón temprano observadas en el ensayo.

En la Figura No. 17 se observa cómo evoluciona la severidad para las cinco fechas analizadas según la variedad. A medida que avanzan los días el porcentaje de severidad aumenta, destacándose como más susceptible la variedad Daymán.

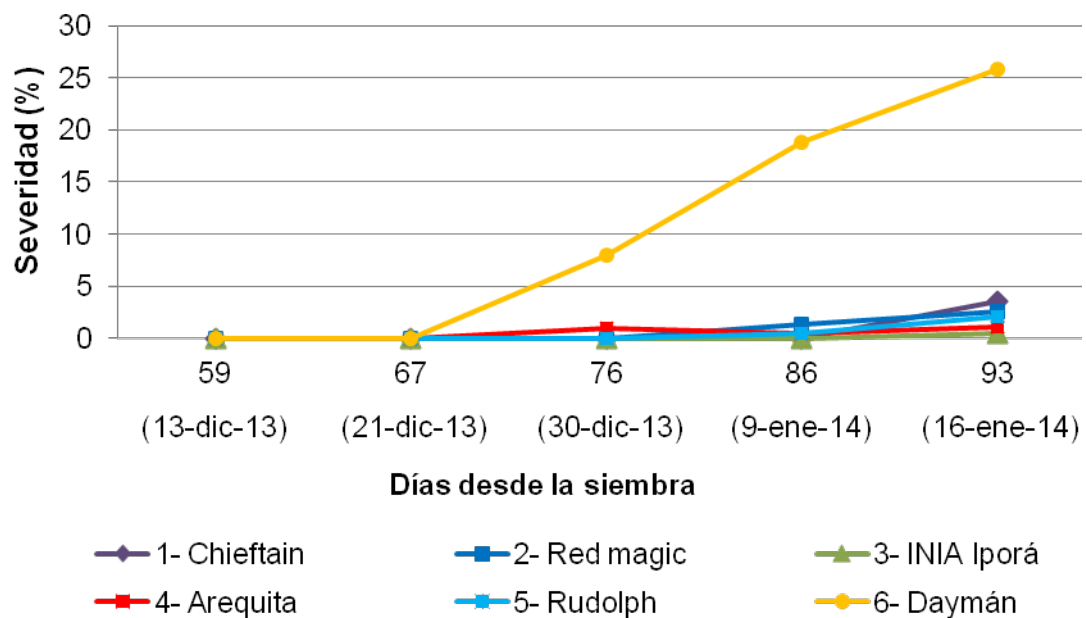


Figura No. 17. Evolución de tizón temprano según variedad para las cinco fechas analizadas.

El efecto de la variedad en el análisis estadístico resultó significativo (p -valor <0.0001), lo que nos afirma que la severidad a tizón temprano depende del cultivar. En el Cuadro No. 7 se puede observar que la variedad Daymán fue la más afectada en las evaluaciones realizadas a los 76, 86 y 93 días después de la siembra, encontrándose diferencias significativas con el resto de las variedades. Esto concuerda con Vilaró et al. (2013) quienes afirmaron que es una variedad susceptible a esta enfermedad.

Cuadro No. 7. Severidad en porcentaje a tizón temprano según variedad y fecha analizada*.

Variedad	Severidad (%)					
	76 días		86 días		93 días	
Chieftain	4,46E-29	a**	0,19	a	1,35	a
Red Magic	1,69E-28	a	0,41	a	1,27	a
INIA-Iporá	2,25E-28	a	0	a	0,17	a
Arequita	0,03	a	0,03	a	0,21	a
Rudolph	6,35E-28	a	0,01	a	0,25	a
Daymán	6,52	b	9,66	b	20,42	b

* Los valores de severidad en porcentaje fueron transformados elevándose al cuadrado.

** Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

En la primera quincena de diciembre se registró el inicio de la floración de las distintas variedades, a fin de diciembre (76 días post plantación) se observaron las primeras manchas. Según Fernández (1979) la floración y post-floración es cuando la planta está más susceptible para la infección. También coincide con lo mencionado por CIP (1996) que afirma que las lesiones aparecen en el período de floración y aumentan a medida que la planta va creciendo. En este caso para la variedad Daymán, se registró el aumento de la severidad a partir de los 67 días desde la siembra (diciembre) debido a que las condiciones climáticas comenzaron a ser más favorables para la enfermedad y a un aumento de susceptibilidad de la planta a la infección. Para las demás variedades se registró aumento de severidad a partir de los 76 días de siembra.

La temperatura estuvo a partir de diciembre por encima de 20°C (Figura No. 13), esto favorece la propagación y el desarrollo de la enfermedad, para el caso de la humedad ésta fue más favorable a partir del mes de enero (Figura No. 14). Esto concuerda con lo mencionado por Hooker (1980), Smith et al. (1992), Stevenson et al. (2004) que aseguran que la formación de conidios se da a una temperatura de 19 a 23°C, y la mayor infección se da con una alta humedad.

En la última fecha correspondientes al mes de enero se registró un pico de precipitación (Figura No. 12) observándose en la curva de severidad un aumento de las lesiones encontradas en las mayoría de las variedades, esto coincide con Johnson (2008), Castro y Contreras (2011) que afirmaron que la diseminación de las esporas es favorecida por salpicado de lluvia, cuando están en contacto con los tejidos susceptibles, penetran produciendo la infección y los síntomas descriptos anteriormente.

Se realizaron aislamientos de los síntomas observados y no se logró aislar *Alternaria solani*, solo se obtuvieron aislados que correspondían al género *Alternaria* spp. Esto fue debido a que este género, como afirma Joly (1964), presenta algunas especies que son saprófitos y otras patógenos, es decir que en un principio las lesiones pudieron ser causadas por *Alternaria solani* pero luego colonizaron otras especies saprofitas de este género. Esto podría ser la causa más importante por la cual no se pudo confirmar la presencia de *A. solani* a partir de las muestras analizadas en el laboratorio.

El tizón tardío es otra de las enfermedades importantes en este cultivo. Según Hooker (1980), Henfling (1987) las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad están referidas a temperaturas ente 16-21°C, el micelio y los esporangios se desarrollan mejor a una temperatura de 21°C, clima nublado y 8 horas de humedad relativa por encima de 95%. En este caso no se encontraron síntomas, probablemente porque no se dieron las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad. Si bien la planta puede ser infectada a cualquier edad, el momento más crítico es cuando la tuberización no ha alcanzado su total desarrollo, las condiciones que se dieron hasta ese momento fueron de baja humedad relativa media en torno al 45% y altas temperaturas medias llegando a un máximo de 24°C en el mes de diciembre.

4.3. SEVERIDAD DE SARNA COMÚN EN EL TUBÉRCULO

En todas las variedades se presentaron los tres tipos de síntomas, sarna superficial, profunda y levantada, su severidad fue variable.

Las lesiones superficiales (Figura No. 18) presentaban un tejido con aspecto corchoso, destacándose su rugosidad, superficies escabrosas irregulares de diversos tamaños, en algunos casos abarcando gran parte de la superficie del tubérculo. Esto último puede ser debido como menciona Hooker (1980) a la unión de varios puntos de infección. Estas manchas eran de color castaño, más oscuras que la piel que las rodeaba. En la evaluación se incluyeron síntomas que diferían de la piel normal y fueron evaluados como sarna superficial. Las lesiones profundas (Figura No. 19) observadas no superaron los 5 mm de diámetro, tenían color castaño oscuro y consistencia corchosa. Las lesiones levantadas (Figura No. 20) presentaron forma circular de diversos tamaños no superando los 2 mm de diámetro, el tejido se observó levantado, de color castaño y de consistencia corchosa. Estos síntomas concuerdan con los observados por Fernández (1975), Aldabe y Aldabe (1977), Hooker (1980), Christ (1998), Rousselle et al. (1999), Torres (2002), Haynes et al. (2010).

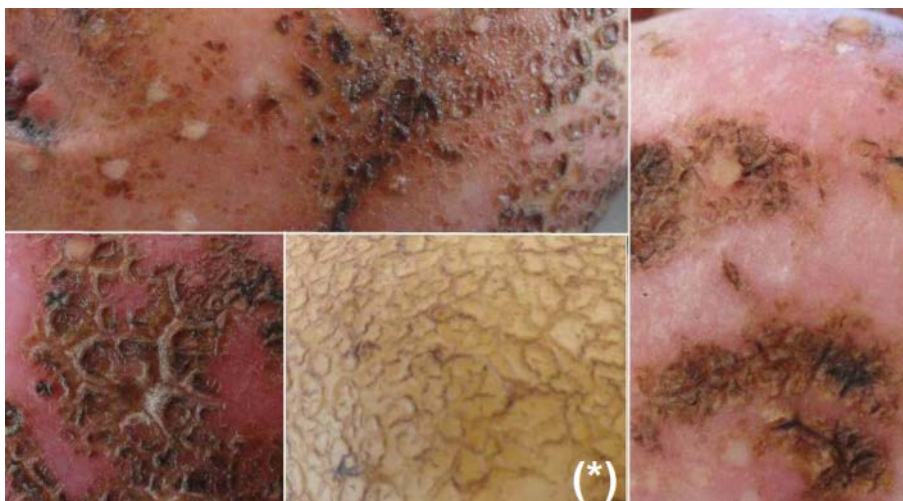


Figura No. 18. Lesiones en tubérculo de papa evaluadas como sarna superficial. (*) Síntoma rugoso, el cual se incluyó dentro de la evaluación de sarna superficial.



Figura No. 19. Lesiones en tubérculo de papa evaluadas como sarna profunda.

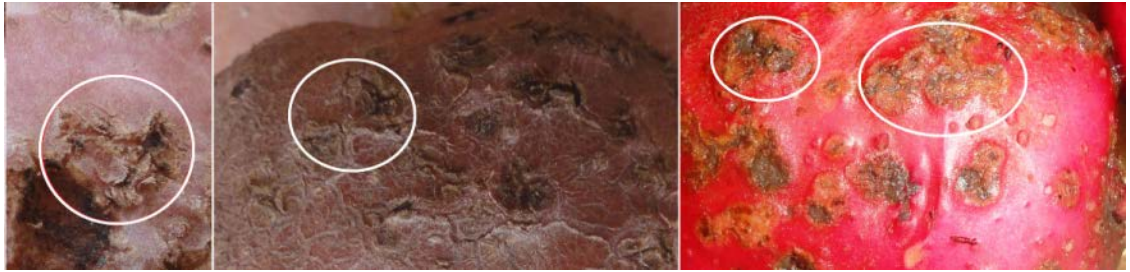


Figura No. 20. Lesiones en tubérculo de papa evaluadas como sarna levantada (círculos blancos).

El suelo utilizado fue propicio para el desarrollo de la enfermedad, en el Cuadro No. 4 se puede ver que tiene un pH de 5,7 que favorece tanto a *S. scabies* como a *S. acidiscabies*. Johnson (2008) destacó que la enfermedad se favorece con pH 5,5 a 7,5.

Su alto contenido de materia orgánica (Cuadro No. 4) también fue el adecuado para el desarrollo de la enfermedad. Urquijo et al. (1961), Rouseelle et al. (1999), Johnson (2008), coinciden en que los suelos ricos en materia orgánica favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Dado que el análisis de la varianza de los resultados, mostró un efecto significativo de variedad para las variables severidad de sarna total, superficial, profunda y levantada (p -valor $< 0,05$) y no se encontraron efectos significativos con las especies inoculadas ni tampoco una interacción entre éstas y las variedades, sólo se comparó el efecto varietal con la prueba de comparación múltiple de Tukey.

La no diferenciación de los síntomas entre las especies inoculadas coincide con lo descrito por Lambert y Loria (1989a, 1989b), donde los síntomas que causa *S. scabies* no se distinguieron de los causados por *S. acidiscabies*. Algunos autores como Rousselle et al. (1999) asociaron el tipo de lesión superficial y profunda con *S. scabies*, mientras que a *S. acidiscabies* se lo asocia con lesiones superficiales únicamente.

Todas las variedades presentaron más de un 20% de tejido afectado, en la cual se incluyeron los tres tipos de sarna y el síntomas rugoso (para el cual no se pudo confirmar que fuese causado por *Streptomyces* spp.) por lo tanto de aquí en más se hará referencia a superficie total afectada (antes sarna total) (Cuadro No. 8). Ninguna variedad fue totalmente resistente a *Streptomyces* spp., lo cual coincide con lo mencionado por Scholte y Labruyere, citados por Boucek-Mechiche et al. (2000) quienes sostienen que las variedades cultivadas comercialmente difieren en sus niveles de resistencia, pero ninguna es inmune.

Cuadro No. 8. Severidad media de superficie total afectada según variedad

Variedad	Severidad (%)
INIA-Iporá	51,3 a
Red Magic	30,76 b
Rudolph	30,76 b
Daymán	27,07 b
Arequita	26,26 b
Chieftain	24,35 b

Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

La variedad INIA-Iporá fue la que presentó mayor área del tubérculo afectada (51,3%), las demás variedades no se diferenciaron de forma significativa (Cuadro No. 8). El mayor porcentaje de tejido afectado se le atribuye a lesiones superficiales y al síntoma evaluado como rugoso, el cual se incluye dentro de la evaluación de sarna superficial, afectando en conjunto un porcentaje cercano al 48% del tejido (Cuadro No. 10).

INIA-Iporá según Vilaró et al. (2004) es una variedad resistente a sarna común, ensayos realizados a campo en primavera 2013 por INASE (2013a, 2013b) determinaron baja presencia de esta enfermedad. Se debe tener en cuenta que hasta el momento no se conocía la respuesta de esta variedad al ser inoculada con estos patógenos y frente a las cepas utilizadas.

Cuadro No. 9. Resultados de los aislamientos de INIA-Iporá y Daymán

Tubérculo	Tratamiento	Síntoma	Dilución		
			$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-3}$
1	INIA-Iporá Testigo	Superficial	-	-	-
2	INIA-Iporá Testigo	Superficial	-	-	-
3	INIA-Iporá <i>S. scabies</i>	Superficial	-	-	-
4	INIA-Iporá <i>S. scabies</i>	Superficial	-	-	-
5	INIA-Iporá <i>S. acidiscabies</i>	Superficial	-	-	-
6	INIA-Iporá <i>S. acidiscabies</i>	Superficial	-	-	-
7	Daymán <i>S. scabies</i>	Profunda	-	-	-
8	Daymán <i>S. scabies</i>	Profunda	-	-	-
9	Daymán <i>S. acidiscabies</i>	Profunda	+	-	-
10	Daymán <i>S. acidiscabies</i>	Profunda	-	-	-

Referencias: (-) No se observa crecimiento de *Streptomyces* spp. (+) Se observa crecimiento de *Streptomyces* spp.

Se realizaron 6 aislamientos a partir del síntoma rugoso de INIA-Iporá, pero en ninguno de ellos se registró crecimiento de colonia. Por lo tanto no se puede afirmar con certeza que los síntomas observados en el tubérculo, (Figura No. 21 y Cuadro No. 9) correspondan a los provocados por estos patógenos. Los mismos se asemejan a un desorden fisiológico posiblemente causado por factores ambientales (russet).

No se encontraron diferencias significativas en la severidad de sarna total entre los inóculos. La agresividad de los aislados de ambas especies fueron similares. Fisher et al. (2009) mencionó que la agresividad puede variar en función del aislado.



Figura No. 21. Síntoma “rugoso” en tubérculos de la variedad INIA-Iporá, evaluado como sarna superficial.

El hecho de que no se diferenciaron los inóculos, pudo estar explicado por la presencia del patógeno en el suelo en un nivel tal que el agregado adicional mediante inoculación no generó una respuesta diferente o a la presencia del inóculo en el tubérculo semilla. Fernández (1975), Wanner (2006), Alvarado et al. (2008) mencionaron que las *Streptomyces* spp. están presentes naturalmente en el suelo. Si bien se practicaron rotaciones en el predio utilizado, el año anterior al del ensayo éste estuvo cultivado con papa, pudiendo haber sobrevivido el patógeno de forma saprofita en restos de cosecha, como esporas, en la materia orgánica o en malezas. Fernández (1975), Loria et al. (1997), Wang y Lazarovits (2005), Johnson (2008) mencionaron que la principal

fuente de inóculo de *Streptomyces* es el suelo y que si se dan las condiciones ambientales adecuadas ésta tiende a aumentar.

En la evaluación de sarna superficial se incluyó el síntoma “rugoso”, pero no se logró verificar que éste correspondiera a la infección con *Streptomyces* spp. a través de aislamiento, por lo tanto de aquí en más se hará referencia a síntomas superficiales (antes sarna superficial). La mayoría de los síntomas en INIA-Iporá eran del tipo “rugoso”, el resto de las variedades presentó combinación de los dos síntomas superficiales. Se encontró desde un 11% hasta un 48% de tejido afectado. La variedad más afectada fue INIA-Iporá (Cuadro No. 10).

El análisis de varianza de la severidad de síntomas superficial, muestra que hay efecto significativo de la variedad (p-valor < 0,05). De la prueba de Tukey se deduce que la variedad INIA-Iporá fue la que presentó mayor porcentaje de superficie afectada, siendo el mismo cercano a 48%. Como se mencionó anteriormente no se puede aseverar que la rugosidad fue causada por *Streptomyces* spp.

Cuadro No. 10. Severidad media de síntomas superficiales según variedad

Variedad	Severidad (%)
INIA-Iporá	47,93 a
Red Magic	27,13 b
Chieftain	21,77 bc
Arequita	21,17 bc
Rudolph	17,53 bc
Daymán	11,83 c

Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

Respecto al tipo de sarna profunda, los síntomas se registraron en todas las variedades con valores desde 1% hasta 13%. La variedad más afectada fue Daymán. Se hicieron 4 aislamientos a partir de este síntoma, en este caso sí se obtuvo crecimiento de *Streptomyces* spp. en los aislamientos a partir de la suspensión de mayor concentración (Cuadro No. 9) aunque no se puede aseverar que fuesen las cepas inoculadas porque no se hizo una identificación molecular.

El análisis de la varianza de la sarna profunda determinó que hay efecto significativo de la variedad (p-valor < 0,05). Como muestra el Cuadro No. 11 la que obtuvo mayor área afectada fue Daymán con valores próximos al 13%

(Figura No. 22). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el resto de las variedades.

Cuadro No. 11. Severidad media de sarna profunda según variedad.

Variedad	Severidad (%)
Daymán	12,87 a
Rudolph	4,31 b
Arequita	3,67 b
Red Magic	2,18 b
INIA-Iporá	2,18 b
Chieftain	1,17 b

Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

Según Vilaró ³, Daymán es una variedad que tiene alta susceptibilidad a sarna. Según Hooker (1980), Smith et al. (1992), en las variedades susceptibles las lesiones de sarna son profundas. Aunque Agrios (2008) afirma que la profundidad de la lesión también puede depender de la invasión de los insectos y de las condiciones del suelo. Este tipo de daño se considera el más importante ya que puede llegar a comprometer la venta de parte de la cosecha.



Figura No. 22. Variedad Daymán con lesiones de sarna profunda.

El tipo de sarna levantada también se presentó en todas las variedades. La severidad fue insignificante comparada con el resto de los síntomas, no llegando a alcanzar el 3% del tejido afectado (Cuadro No. 12). No se encontró ningún efecto de la variedad, (p-valor = 0,35), ni del inóculo (p-valor = 0,92).

Cuadro No. 12. Severidad media de sarna levantada según variedad.

Variedad	Severidad (%)
Daymán	2,77 ¹
Rudolph	1,71
Red Magic	1,44
Arequita	1,42
Chieftain	1,231
INIA-Iporá	0,82

¹No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el ANAVA

Lapaz (2011) mencionó que las lesiones más comunes provocadas por *S. scabies* son las levantadas. En este ensayo no se diferenciaron los síntomas de tipo de sarna levantada entre las especies, lo cual no coincide con Lapaz (2011), probablemente porque las condiciones ambientales en los ensayos no fueron las mismas.

Se deben considerar que los resultados de un año no son suficientes, ya que el clima fue particular para el año del ensayo, esto podría jugar un papel importante en los cambios de severidad de un año a otro. También se debe tener en cuenta que la concentración de patógenos y el tipo de patógenos presentes es variable según el tipo de suelo. No han habido explicaciones claras para la distribución errática y desigual de esta enfermedad, según Wanner (2004), Conn et al., citados por Tajul et al. (2013) lo anterior estaría explicado por factores como el pH del suelo, diferencias en susceptibilidad del cultivar y los factores ambientales.

Por lo dicho anteriormente se debe considerar este ensayo para el año en particular y para un suelo particular que tiene cierta población de patógenos, una determinada historia, naturaleza y actividad. Por otra parte como se mencionó, la agresividad del patógeno juega un papel importante, a su vez la concentración de inóculo también puede afectar. Según Keinath y Loria (1991), Romano (1994), Wanner (2004), la gravedad de *S. scabies* aumenta linealmente con el aumento en log₁₀ del inóculo, pero la pendiente de la recta es afectada por la resistencia del cultivar y la cepa de *S. scabies*.

4.4. PESO DEL TUBÉRCULO

No se encontraron diferencias significativas entre el peso promedio de las variedades tanto para las parcelas inoculadas con *S. acidiscabies* como para las parcelas inoculadas con *S. scabies* (Cuadro No. 13). Los resultados del análisis de la varianza para la variable peso, determinaron que hay interacción significativa entre el inóculo y la variedad, (p-valor= 0,047). Las variedades no presentaron una diferencia importante en el peso promedio por tubérculo, los valores estuvieron entre 73 g y 102 g.

Observando solo el efecto variedad, Arequita fue la que obtuvo mayor peso promedio con 102,46 g, diferenciándose significativamente de las variedades Chieftain, Red Magic y Rudolph, en cambio no se diferenció de INIA-Iporá y Daymán. Esto coincide con Vilaró et al. (2013) que afirmaron que Arequita se caracteriza por tener tubérculos de tamaño medio a grande.

Cuadro No. 13. Peso promedio por tubérculo (g.) por variedad y por especie inoculada

Variedad	Peso promedio		Testigo		<i>S. acidiscabies</i>		<i>S. scabies</i>	
Chieftain	79,7875	b	92,4	ab	81,79	a	65,14	a
Red Magic	76,2833	b	84,3	ab	82,32	a	62,17	a
INIA-Iporá	85,1675	ab	87,7	ab	82,74	a	85,1	a
Arequita	102,46	a	125	a	94,56	a	88,28	a
Rudolph	73,3125	b	72,4	b	72,32	a	75,18	a
Daymán	88,23	ab	118	a	81,48	a	64,86	a
Promedio de la inoculación			96,6	a	82,54	a	73,46	a

Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

No se encontraron diferencias significativas en el peso medio de los tubérculos inoculados con las diferentes especies de *Streptomyces*. Los resultados sostienen lo mencionado por INIA y UDELAR. FA¹, Aldabe y Aldabe (1977), Hooker (1980), Vilaró (1990), Dasgupta y Basu (2008), Hiltunen et al., citados por Wanner (2009b), quienes mencionan que el principal efecto del patógeno es la pérdida de calidad del producto, reduciendo el valor comercial y la posibilidad de venta, no afectando el rendimiento total.

En el Cuadro No. 14 se observa que todas las variedades exceptuando Daymán, se comportan de igual forma frente a los diferentes tipos de inóculo a

los que fueron sometidos. Daymán fue la única que presentó diferencias significativas entre *S. scabies* (64,87g) y el testigo (118,3 g). Esto puede ser debido a que el principal síntoma que se encontró en esta variedad fue sarna profunda, para la cual se observó pérdida de parte del tejido, haciendo disminuir su peso.

Cuadro No. 14. Peso promedio (g.) por especie inoculada y variedad

Inóculo	Peso (g.)	Variedades					
		Chieftain	Red Magic	INIA-Iporá	Arequita	Rudolph	Daymán
Testigo.	96,62 a	92,43 a	84,35 a	87,65 a	124,50 a	72,44 a	118,30 a
<i>S. scabies.</i>	73,46 a	65,14 a	62,18 a	85,11 a	88,29 a	75,18 a	64,87 b
<i>S. acid.</i>	82,54 a	81,80 a	82,35 a	82,75 a	94,56 a	72,32 a	81,49 ab
Promedio por variedad		79,79 b	76,28 b	85,17 ab	102,50 a	73,31 b	88,23 ab

Distintas letras son significativamente diferentes (p-valor >0,05)

5. CONCLUSIONES

- Ninguna de las variedades evaluadas es totalmente resistente a sarna común.
- Todas las variedades son susceptibles a sarna profunda, siendo la variedad Daymán la más afectada significativamente.
- La variedad INIA-Iporá es propensa a ser afectada por el síntoma rugoso.
- *Streptomyces scabies* y *Streptomyces acidiscabies* producen los mismos síntomas.
- Las variedades Arequita, INIA-Iporá y Daymán presentan mayor peso promedio de tubérculos en las condiciones similares al ensayo.
- Daymán es la variedad más susceptible a tizón temprano.
- En futuros trabajos de investigación se deberá profundizar más en la respuesta de las variedades frente a las inoculaciones, especialmente en cuanto a la expresión de los síntomas y sobre posibles efectos en el rendimiento.

6. RESUMEN

A nivel nacional la papa es una de las hortalizas más importantes. En los últimos años la superficie sembrada ha ido disminuyendo en cambio el rendimiento por hectárea ha ido aumentando. La sarna de la papa, causada por *Streptomyces* spp., ha pasado a ser una de las enfermedades más importantes de este cultivo, ya que la incidencia y especialmente la severidad de las lesiones ha aumentado a tal grado que impide la comercialización de una parte significativa de la producción. El tizón temprano causado por *Alternaria solani* es una enfermedad frecuente que afecta el rendimiento del cultivo y su manejo se ve facilitado con la utilización de cultivares con resistencia parcial. Para comparar la susceptibilidad de variedades de papa a dichos patógenos en el período octubre 2013 a febrero 2014 se realizó un ensayo a campo. Se evaluaron las variedades Chieftain, Red Magic, Rudolph, INIA-Iporá, Arequita y Daymán, en un diseño en bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Se inoculó a la siembra y 50 días después con *S. scabies*, *S. acidiscabies* o agua (testigo). Se determinaron a partir de 24 tubérculos por parcela los porcentajes de la superficie afectada por sarna superficial, profunda y levantada. Semanalmente se determinó la incidencia y severidad foliar de tizón temprano en 8 plantas por variedad por parcela. Daymán fue la variedad que presentó más sarna profunda (12,9% frente a 1,2-4,3% en las demás) y fue la más afectada por *A. solani* (20,4% frente a 0,2-1,4% en las demás) en términos de área foliar afectada en la última evaluación. No se encontraron diferencias significativas en severidad de sarna entre la inoculación con las especies de *Streptomyces*.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*; *Streptomyces scabies*; *Streptomyces acidiscabies*; *Alternaria solani*; Susceptibilidad varietal.

7. SUMMARY

The potato is one of the most important vegetables planted in Uruguay. Potato common scab, caused by *Streptomyces* spp., has become one of the most important diseases of this crop, since the incidence and especially the severity of lesions has increased so much that it makes a significant portion of locally produced potatoes unsalable. The blights caused by *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* are diseases that frequently affect yield and their management is facilitated by the use of cultivars with partial resistance. From October 2013 to February 2014, a field experiment was carried out in order to compare the susceptibility of potato varieties to these diseases. The Chieftan, Red Magic, Rudolph, INIA-Iporá, Arequita and Daymán varieties were evaluated in a completely randomized block design with split-plot arrangement with four replicates. Tubers were inoculated with *S. scabies*, *S. acidiscabies* or water (control) at planting. The percentage of the surface with superficial, deep and raised scab of 24 tubers per plot was evaluated at harvest. Severity of early and late blights was evaluated weekly on 8 plants per variety, per plot. Daymán had significantly more deep scab (12,9%) compared to the other varieties (1,2-4,3%) and also a significantly greater leaf area affected by *A. solani* (20,4%) compared to the others (0,2-1,4%). No late blight was seen in any plot. No significant differences in scab severity were found between the *Streptomyces* species.

Key word: *Solanum tuberosum*; *Streptomyces scabies*; *Streptomyces acidiscabies*; *Alternaria solani*, Varietal susceptibility.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G. 2008. Fitopatología. 2a. ed. México, Limusa. 856 p.
2. Aldabe, L.; Aldabe, R. 1977. El cultivo de la papa en Uruguay. Montevideo, Academia Diafi. 234 p.
3. _____. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Epsilon. 269 p.
4. Alonso, F. 1996. El cultivo de la patata. Madrid, Mundi-Prensa. 271 p.
5. Alvarado, M.; Andújar, M.E.; Durán, J.M.; Flores, R.; Montes, F.; Morera, B.; Muñoz, C.; Ortega, M.G.; Páez, J.I.; Rosa, A.; Sánchez, A.M.; Serrano, A.; Vega, J.M 2008. Plagas y enfermedades de la patata. Andalucía, Junta de Andalucía. 85 p.
6. Bencheikh, M.; Setti, B. 2007. Characterization of *streptomyces scabies* isolated from common scab lesions on potato tubers by morphological, biochemical and pathogenicity tests in chlef region in western Algeria. Science and Technology. 26:61-67.
7. Berrocal, I. 2006. Incidencia de las enfermedades de la piel en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), cosechados a los 60 días y 120 días posterior a su madurez fisiológica. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 96 p.
8. Bjor, J.; Roer, L. 1980. Testing the resistance of potato varieties to common scab. Potato Research. 23(1): 33-47.
9. Bonde, M.; McIntyre, G. 1968. Isolation and biology of a *Streptomyces* sp. Causing potato scab in soils below pH 5.0. American Potato Journal. 45(8): 273-278.
10. Bouчек, K.; Mechiche, Pasco C.; Andrivon, D.; Jouan, B. 2000. Differences in host range, pathogenicity to potato cultivars and response to soil temperature among *Streptomyces* species causing common and netted scab in France. Plant Pathology. 49(1): 3-10.
11. Bukhalid, R.; Loria, R. 1997. Cloning and expression of a genes from *Streptomyces scabies* encoding a putative pathogenicity factor. (en línea). Journal of Bacteriology. 179(24):7776-7783. Consultado

- may. 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC179741/pdf/1797776.pdf>
12. Calderoni, A. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 143 p.
 13. Cancino L. 2003. Evaluación del daño causado por *Streptomyces scabies* (Thaxter) sobre tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* Hawkes.) durante el almacenaje. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 65 p.
 14. Castro, I.; Contreras, A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa (en línea). Valdivia, Austral. 69 p. Consultado may. 2014. Disponible en http://www.indap.gob.cl/sites/default/files/manejo_de_plagas_y_enfermedades_en_el_cultivo_de_la_papa_0.pdf
 15. CIP (Centro Internacional de la Papa, PE). 1985. Principales enfermedades, nematodos, insectos y ácaros de la papa. Lima. 44 p. (Series CIP de diapositivas didácticas no. IV-1).
 16. _____.; SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 1996. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa. Lima. 120 p.
 17. Christ, B. 1998. Identifying diseases potato in Pennsylvania. (en línea). Pennsylvania, Penn State College of Agricultural Sciences. 26 p. Consultado may. 2014. Disponible en <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/agrs75.pdf>
 18. Dasgupta, B.; Basu, A. 2008. Study of disease reaction of potato cultivars due to severity of scab in west bengal, a state of India. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa(23°), Seminario Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa (6°, 2008, Mar del Plata, Argentina). Trabajos presentados. Mar del Plata, ALAP. pp.193-194.
 19. Davis, J. R.; Macmaster, G. M.; Callihan, R. H.; Garner, J. G.; Mcdole, R. E. 1974. The relationship of irrigation timing and soil treatments to control potato scab. *Phytopathology*. 64(11): 1404-1410.

20. _____.; _____.; _____.; Nissley, F. H.; Pavek, J. J. 1976. Influence of soil moisture and fungicide treatments on common scab and mineral content of potatoes. *Phytopathology*.66(2): 228-233.
21. De la Fe, C.; Castillo, J.G.; Salomón, J.L.; Caballero, A.; Lorenzo, N. 2007. La selección participativa de variedades (SPV) en el cultivo de papa. *Cultivos Tropicales*. 28(3): 77-82.
22. Decoud, A.; Musacco, E. 1985. Evaluación de pérdidas por *Alternaria solani* en papa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 143 p.
23. Di Benedetto, A. 2005. Manejo de cultivos hortícolas; bases ecofisiológicas y tecnológicas. Buenos Aires, Orientación gráfica. 373 p.
24. Díaz, C.; Santos, B.; Ríos, D. 2013. Variedades de papa blanca 2013. (en línea). Tenerife, Agro Cabildo.10 p. Consultado jun. 2014. Disponible en http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_514_papa%20sur%202013.pdf
25. Driscoll, J.; Coombs, J.; Hammerschmidt, R.; Kirk, W.; Wanner, L.; Douches, D. 2009. Greenhouse and field nursery evaluation for potato common scab tolerance in a tetraploid population. *American Journal of Potato Research*. 86(2):96-101.
26. Durán, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.
27. Ellis, M.1971. Dematiaceous hyphomycetes. Kew, Surrey, Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB). 608 p.
28. Erwin, D.; Ribeiro, K. 1996. *Phytophthora; diseases worldwide*. St. Paul, MN, APS. 562 p.
29. Escande, A.; Calderoni, A.; Melegari, A. 1984. La papa; diagnóstico y control de sus enfermedades. Buenos Aires, INTA. 48 p.
30. FAO. 2006. Tesoro enterrado; la papa. (en línea). Roma. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0611sp1.htm>

31. _____. 2008. Año internacional de la papa 2008. El mundo de la papa. (en línea). Roma. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/potato-2008/es/mundo/index.html>
32. _____. 2012. FAOSTAT. (en línea). Roma. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>
33. Fernández, V. 1975. Introducción a la fitopatología; bacterias, fisiógenicas, fungicidas, nematodos. 3a. ed. Buenos Aires, INTA. v.2, 821 p.
34. _____. 1979. Introducción a la fitopatología; hongos y mycoplasmas. 3a ed. Buenos Aires, INTA. v.4, 613 p.
35. Fischer, I.; Teixeira, A.; Toffano, L., García, E. 2009. Reacao de cultivares de batata a *Streptomyces scabies*, agente causal da sarna comum profunda. Summa Phytopathologica. 35 (3): 219-222.
36. Giménez, G.; González, M.; Rodríguez, G.; Vicente, E.; Vilaró, F. 2014. Catálogo de cultivares hortícolas 2014. Montevideo, INIA. 71 p.
37. Gouws, R. 2006. Etiology and integrated control of common scab on seed potatoes in South Africa. Magister scientiae in Plant Pathology. Pretoria, South Africa. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. 118 p.
38. Goyer, C.; Faucher, E.; Beaulieu, C. 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, Canada. (en línea) International Journal of Systematic Bacteriology. 46(3): 635-639. Consultado jul. 2014. Disponible en <http://ijs.sgmjournals.org/content/46/3/635.full.pdf>
39. _____.; Beaulieu, C. 1997. Host range of streptomycete strains causing common scab. Plant Disease. 81(8): 901-904.
40. Grela, A.; Caubet, E.; Proto, J. 2010. Informe de situación calidad de la semilla importada, el caso de sarna común en semilla canadiense. (en línea). In: Reunión Mesa de la Papa (2010, Montevideo). Trabajos presentados. s.n.t. s.p. Consultado abr. 2014. Disponible en http://www.ansepa.com.uy/userfiles/informacion/items/126_pdf.pdf
41. Haynes, K.; Wanner, L.; Thill, C.; Bradeen, J.; Novy, R.; Whitworth, J.; Corsini, D.; Vinyard, B. 2010. Common scab trials of potato varieties

and advanced selections at three U.S locations. American Journal of Potato Research. 87(3):261-276.

42. Henfling, J. 1987. El tizón tardío de la papa; *Phytophthora infestans*. 2a. ed. rev. Centro Internacional de la Papa. Boletín de Información Técnica no. 4. 25 p.
43. Hooker, W.; Page, O. 1960. Relation of potato tuber growth and skin maturity to infection by common scab, *Streptomyces scabies*. American Potato Journal. 37: 414-423.
44. _____. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Lima, CIP. 166 p.
45. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2013a. Resultados de la evaluación nacional de cultivares de papa otoño 2013. (en línea). Canelones. 14 p. (Serie de divulgación técnica no. 17). Consultado abr. 2014. Disponible en <http://www.inase.org.uy/sitio/Publicaciones/Default.aspx?s=dt-enc>
46. _____. 2013b. Resultados de la evaluación nacional de cultivares de papa primavera 2013. (en línea). Canelones. 14 p. (Serie de divulgación técnica no. 18). Consultado abr. 2014. Disponible en <http://www.inase.org.uy/sitio/Publicaciones/Default.aspx?s=dt-enc>
47. INE (Instituto Nacional de Estadística, UY). 2008. Encuesta nacional de gastos e ingresos de los hogares 2005-2006; los alimentos y bebidas en los hogares. (en línea). Montevideo. 105 p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.ine.gub.uy/biblioteca/engih2006/Los%20alimentos%20y%20las%20bebidas%20en%20los%20hogares%20\(versi%F3n%20final\).pdf](http://www.ine.gub.uy/biblioteca/engih2006/Los%20alimentos%20y%20las%20bebidas%20en%20los%20hogares%20(versi%F3n%20final).pdf)
48. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Grupo Agroclima y Sistemas de información, UY). 2014. Normales climatológicas; temperatura, precipitaciones, humedad relativa, agua disponible en el suelo. (en línea). Rincón del Colorado, Canelones, INIA Las Brujas. Estación Experimental "Wilson Ferreira Aldunate". Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.inia.org.uy/gras/>
49. James, W. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. Canadian Plant Disease Survey. 51(2): 39-65.

50. Jo, K.; Kim, C.; Kim, S.; Kim, T.; Bergervoet, M.; Jongsma, M.; Visser, R.; Jacobsen, E; Vossen, J. 2014. Development of late blight resistant potatoes by cisgene stacking. (en línea). BMC Biotechnology. 14: s.p. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1472-6750-14-50.pdf>
51. Johnson, D. 2008. Potato; health management. 2nd. ed. St. Paul, MN, APS. 261 p.
52. Joly, P. 1964. Le Genre *Alternaria* ; recherches physiologiques, biologiques et systématiques. París, Editions Paul Lechevalier. 250 p.
53. Khatri, B.; Tegg, R.; Brown, P.; Wilson, C. 2010. Infection of potato tubers with the common scab pathogen *streptomyces scabiei* in a soil-less system. (en línea). Journal of Phytopathology. 158(6):453-455. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0434.2009.01637.x/abstract>
54. Keinath, A.; Loria, R. 1991. Effects of inoculum density and cultivar resistance on common scab of potato and population-dynamics of *Streptomyces scabies*. American Journal of Potato. 68(8):515-524.
55. Labruyère, R. 1971. Common scab and its control in seed-potato crops. (en línea). Wageningen, The Netherlands, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 71 p. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://edepot.wur.nl/194573>
56. Lambert, D.; Loria, R. 1989a. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology. 39(4): 393-396.
57. _____. ; _____. 1989b. *Streptomyces scabies* sp. nov., nom. rev. International Journal of Systematic Bacteriology. 39(4): 387-392.
58. _____.; Reeves, A.; Goth, R.; Grounds, G.; Giggie, E. 2006. Relative susceptibility of potato varieties to *Streptomyces scabiei* and *S. acidiscabies*. American Journal of Potato Research. 83(1):67-70.
59. Lapaz, M. 2011. Aislamiento e identificación molecular de cepas de *Streptomyces* causantes de sarna común de la papa. Tesina Lic. en Bioquímica. Montevideo, Uruguay. Facultad de Química. 61 p.

60. Leiner, R.; Fry, B.; Carling, D.; Loria, R. 1996. Probable involvement of thaxtomin A in pathogenicity of *Streptomyces scabies* on seedlings. *Phytopathology*. 86 (7): 709- 713.
61. Lewis, B. 1970. Effect of water potential on infection of potato tubers by *Streptomyces scabies* in soil. (en línea). *Annals of Applied Biology*. 66(1): 83-88. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1970.tb04605.x/abstract>
62. Loria, R.; Bukhalid, R.; Fry A.; King, R. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. (en línea). *Plant Disease*. 81(8): 836-846. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.1997.81.8.836>
63. _____.; _____.; Creath, R.; Leiner, R.; Olivier, M.; Steffens, J. 1995. Differential production of thaxtomins by pathogenic *Streptomyces* species in vitro. *Phytopathology*. 85 (5): 537-541.
64. Lutomirska, B. 2008. The influence of meteorological factor son tuber infection with common scab. (en línea). *Progress in Plant Protection*. 1:216-220. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://eurekamag.com/research/033/846/influence-meteorological-factors-tuber-infection-usual-scab.php>
65. Marais, L.; Voraster, R. 1988. Evaluation in pot and field trials of resistance of potato cultivars and breeding lines to common scab caused by *Streptomyces scabies*. *Potato Research*. 31(3): 401-404.
66. Méndez, P.; Inostroza, J. 2009. Manual de papa para la Araucanía. Manejo del cultivo, enfermedades y almacenaje. (en línea). Temuco, INIA. 116 p. Consultado may. 2014. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf>
67. Merz, U. 2000. Powdery scab. Research in Switzerland. In: European Powdery Scab Workshop (1st, 2000, Aberdeen). Proceedings. Aberdeen, s.e. pp. 67-71. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.spongospora.ethz.ch/EUworkshop/proceedings.html>
68. MGAP. DIGEGRA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja, UY); CAMM (Comisión Administradora del Mercado Modelo, UY). 2011. Situación del cultivo de papa. (en línea).

Montevideo. 12 p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://www4.mercadomodelo.net/observatorio/papa2011.pdf>

69. _____. _____. _____. 2014. Papa; situación y perspectivas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado may. 2014. Disponible en http://www.mercadomodelo.net/c/document_library/get_file?uuid=0359a72c-dad1-4bad-8f42-ba7ec3a417a8&groupId=10157
70. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2008. Encuesta de papa otoño 2008. (en línea). Montevideo. 14 p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)
71. _____. _____. _____. 2009. Encuesta de papa otoño 2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)
72. _____. _____. _____. 2010. Encuesta de papa otoño 2010. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)
73. _____. _____. _____. 2011. Encuesta de papa otoño 2011. (en línea). Montevideo. 9 p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)
74. _____. _____. _____. 2012. Encuesta de papa otoño 2012. (en línea). Montevideo. 9 p. Consultado mar. 2014. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)
75. _____. _____. _____. 2013a. Anuario estadístico agropecuario 2013. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU>
76. _____. _____. _____. 2013b. Encuesta de papa otoño 2013. (en línea). Montevideo. 9 p. Consultado mar. 2014. Disponible en

[http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,)

77. Mishra, K.; Srivastava, J. 2001. Screening potato cultivars for common scab of potato in naturally infested field. *Potato Research*. 44(1):19-24.
78. Miyajima, K.; Tanaka, F.; Takeuchi, T.; Kuninaga. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. (en línea). *International Journal of Systematic Bacteriology*. 48(2): 495-502. Consultado jul. 2014. Disponible en http://ijs.sgmjournals.org/content/48/2/495.full.pdf?origin=publication_detail
79. NIVAP. 2011. El catálogo holandés de variedades de patata de 2011. (en línea). La Haya. 285 p. Consultado jun. 2014. Disponible en http://www.potato.nl/files/Catalogo_holandes_de_variedades_de_patata_2011_Nivap.pdf
80. Pasco, C.; Jouan, B.; Andrivon, D. 2005. Resistance of potato genotypes to common and netted scab-causing species of *Streptomyces*. *Plant Pathology*. 54(3):383–392.
81. Rodríguez, J.; Lanza, S.; Shimoyama, N. 2008. A saran da batata causada por *Streptomyces* spp. Itapetininga, São Paulo, ABBA. 31 p.
82. Romano, L. 1994. Actinomycetes as plant pathogens. *European Journal of Plant Pathology*. 100(3-4): 179-200.
83. Rousselle, P.; Robert, Y.; Crosnier, J.C. 1999. La patata, producción, mejora, plagas y enfermedades, utilización. Madrid, Mundi-Prensa. 607 p.
84. SAUDU (Sociedad de Agricultores Unidos del Uruguay, UY). s.f. Semillas de papa. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.saudu.com.uy/semillas-papa.html>
85. Schaad, N. W.; Jones, J. B.; Chun, W. 2001. Laboratory guide for identification; plant pathogenic bacteria. 3a. ed. St. Paul, MN, APS. 373 p.
86. Smith, I.; Dunez, J.; Lelliott, R.A.; Phillips, D.H.; Archer, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid, Mundi-Prensa. 671 p.

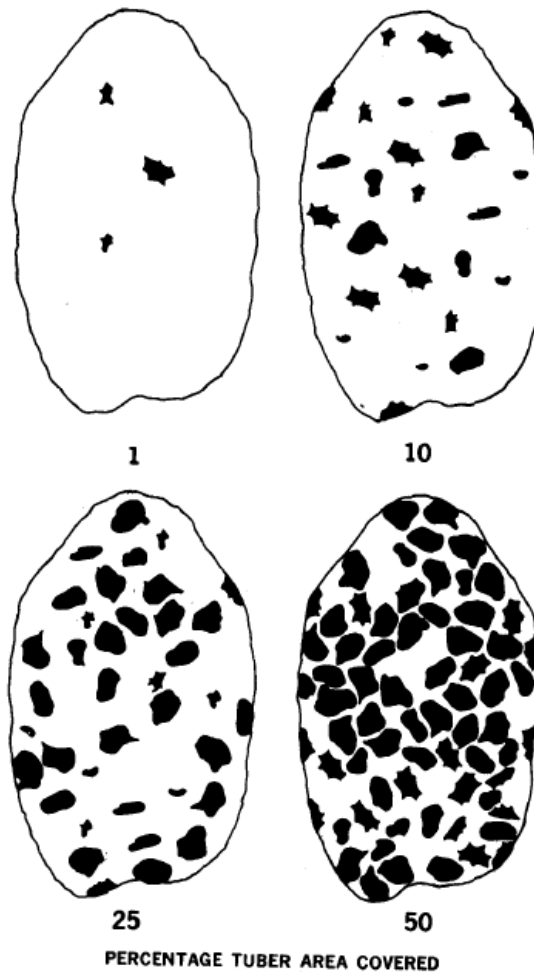
87. Stakman, E.C.; Harrar, J.G. 1963. Principios de patología vegetal. Buenos Aires, EUDEBA. 603 p.
88. Stevenson, W.; Loria, R.; Fran, G.; Weingartner, D.P. 2004. Compendium of potato diseases. 2nd.ed. St. Paul, MN, APS. 106 p.
89. Tajul, M.; Hossain, M.; Hossain, M.; Naher, K.; Dey, T. 2013. Effect of inoculums level of common scab of potato (*Solanum tuberosum* L.) caused by *Streptomyces scabies* on progeny tubers. Journal of Biology. 1(3):60-65.
90. Toledo, S. 2013. Guía para la presentación de trabajos finales. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 28 p. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/files/Guia.pdf>
91. Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Lima, CIP. 59 p.
92. Urquijo, P.; Rodríguez, J.; Santaolalla, G. 1961. Patología vegetal agrícola. Enfermedades de las plantas. Barcelona, Salvat. 780 p.
93. Vilaró, F.; Maeso, D. 1990. Programa de mejoramiento genético de papa en Uruguay. In: Hidalgo O.; Rincón H. eds. Mejoramiento genético de la papa en los países del cono sur. Lima, CIP. pp. 19-29.
94. _____.; Pereira, G.; Rodríguez, G. 2004. Características y recomendaciones de manejo del cultivar de papa INIA- Iporá. (en línea). INIA. Hoja divulgación no. 86. s.p. Consultado jun. 2014. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/1563041107120211.pdf>
95. _____.; González, M.; Rodríguez, G.; Pereira, N.; Lenzi, A. 2013. Nuevas variedades de papa adaptadas a diferentes sistemas de producción y preferencias comerciales. (en línea). INIA. Hortifructicultura no. 35. 4 p. Consultado jun. 2014. Disponible en http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista%20INIA_35.pdf
96. Wang, A.; Lazarovits, G. 2005. Role of seed tubers in the spread of plant pathogenic *Streptomyces* and initiating potato common scab disease. American Potato Journal Research. 82(3):221-230.

97. Wanner, L. 2004. Field isolates of *Streptomyces* differ in pathogenicity and virulence on radish. *Plant Disease*. 88(8):785-796.
98. _____. 2006. A survey of genetic variation in *Streptomyces* isolates causing potato common scab in the United States. (en línea). *The American Phytopathological Society*. 96(12): 1363-1371. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-1363>
99. _____. 2007. A new strain of *Streptomyces* causing common scab in potato. *Plant Diseases*. 91(4):352-359.
100. _____. 2007. A new strain of *Streptomyces* causing common scab in potato. *Plant Diseases*. 91(4):352-359.
101. _____.; Haynes, G. 2009a. Aggressiveness of *Streptomyces* on our potato cultivars and implications for common scab resistance breeding. *American Journal of Potato Research*. 86(5):335-346.
102. _____. 2009b. A patchwork of *Streptomyces* Species isolated from potato common scab lesions in North America. (en línea). *American Journal of Potato Research*. 86(4):247-264. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-009-9078-y>
103. Wilson, C.; Pembert, B.; Ransom, L. 2001. The effect of irrigation strategies during tuber initiation on marketable yield and development of common scab disease of potato in Russet Burbank in Tasmania. *Potato Research*. 44(3):243-251.
104. Zachmann, R. 1986. El tizón temprano de la papa. *Alternaria solani*. Montevideo, Hemisferio Sur/Centro Internacional de la papa. 14 p. (Boletín de Información Técnica no. 17).

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Diagrama de tubérculo afectado en porcentaje para *Streptomyces* spp.

Key No. 3.2



Use for:

Common scab of potatoes (*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waks. & Henrici)

Procedure:

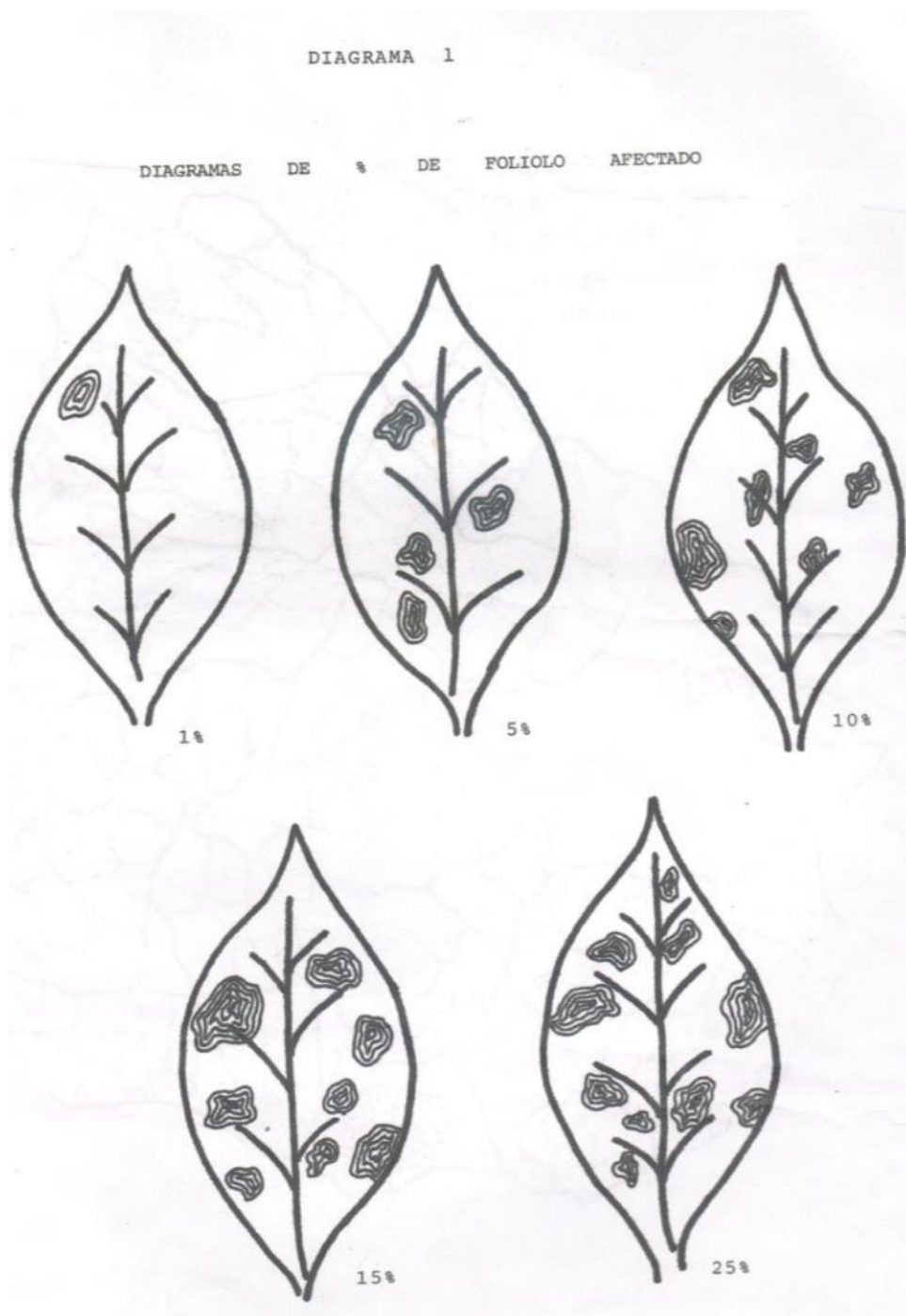
Assess percentage surface area covered by scab on samples of tubers.

References:

18, 22

Fuente: James (1971)

Anexo No. 2. Diagrama de hoja afectadas en porcentaje para *Alternaria solani*.



Fuente: Decoud y Musacco (1985).

Anexo No. 3. Diagrama de hoja afectadas en porcentaje para *Phytophthora infestans*.

Key No. 3.1.1



PERCENTAGE LEAF AREA COVERED

Use for:

Late blight of potatoes (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)

Procedure:

Use Key No. 3.1.1 when infection is limited to foci in the primary stages of the epidemic. Survey the crop for foci of infection. A special effort should be made to record the date of initial infection and the early part of the disease progress curve. Use Key No. 3.1.2 for the later stages of the epidemic when infection is widespread.

Growth stages:

Assess at regular intervals (such as one week) after the epidemic has started.

Assessing severity:

- 1 Survey the crop and estimate the average number of foci per acre or hectare.
- 2 Determine the average area of the foci.
- 3 Express (1) and (2) as percentage acreage affected (see example for late blight of potatoes).
- 4 Use Key No. 3.1.1 to assess percentage leaf area affected within the foci.

References:

1, 12, 13, 14, 16, 25

Fuente: James (1971).

Anexo No. 4. Descripción de la unidad de mapeo y el perfil del suelo del ensayo.

Descripción de la Unidad de mapeo

Unidad 2: está constituida por Brunosoles Éutricos Típicos, Lac. Esta unidad se desarrolla en forma asociada a la unidad No. 1, en las laderas por debajo de ella. Presenta principalmente 2 clases de pendiente: B y A. Los grados de erosión asociados (e2, e1 y e0), son también de menor cuantía que los correspondientes a la Unidad No. 1. Presenta a su vez una fase de hidromorfismo, en la zona central, asociada a una vía de drenaje de dirección Este-Oeste y al curso de agua principal, aguas abajo del tajamar mayor.

Tipo de suelo

Brunosol éutrico típico, limo arcilloso, erosión ligera, pendiente 1-1,5%.

Descripción del perfil:

Horizonte	Descripción
A 0-20 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); franco limoso; bloques subangulares medios y pequeños; moderados; friable; raíces abundantes; transición clara.
Bt 20-50 cm	Gris muy oscuro (10 YR 3/1; arcilloso; bloques angulares medios y gruesos; fuertes; películas de arcilla delgadas; moteado común, pequeño, contraste neto, borde difuso; raíces comunes; transición gradual.
Bck 50-70 cm	Pardo amarillento (10 YR 5/4); arcilloso limoso; bloques angulares gruesos; concreciones de CaCO ₃ , de tamaño; variable, friables y duras, a veces pulverulento transición difusa.
Ck 70 y+ cm	Pardo (7,5 YR 4,5/4); arcillo limoso a franco arcillo limoso; concreciones de CaCO ₃ abundantes.

Observaciones: este suelo presenta variaciones en el espesor del horizonte superficial, debido a los diversos grados de erosión: Varía entre 12 y 30 cm, acompañando el sentido de la pendiente. El grado del horizonte Bt es variable, así como la cantidad de moteado; pueden estar ausentes hasta ser comunes y acompañados de concreciones de FeMn.

Anexo No. 5. Receta para medios selectivos

1) Nistatina, polimixina, penicilina, cicloheximida (CNPP) agar-agua

Solución Antibiótico 10,0 ml/l

Agar 20,0 g/l

En una botella con agua destilada (100 ml) tratada en autoclave y enfriada preparar la solución de antibióticos mediante la adición de lo siguiente:

Nistatina 500 mg;

Polimixina B sulfato 50 mg;

Sodio penicilina-G 10 mg;

Cicloheximide, 500 mg.

Esta solución puede ser de filtro, esterilizado y almacenado durante un máximo de 4 semanas a 5⁰C o congeladas a 20 ⁰C. Añadir a la solución de antibiótico agar, que ha sido tratado en autoclave durante 20 min a una presión de 15 libras, y enfriado a 45-55⁰C.

Fuente: Schaad et al. (2001)

Anexo No. 6. Precipitación diaria acumulada para el período del ensayo

Fecha	Precipitación acumulada (mm)	Fecha	pp. acum. (mm)	Fecha	pp. acum. (mm)	Fecha	pp. acum. (mm)	Fecha	pp. acum. (mm)
11-oct-13	0	06-nov-13	0	02-dic-13	7,5	28-dic-13	0	23-ene-14	132
12-oct-13	0	07-nov-13	36,4	03-dic-13	0	29-dic-13	0	24-ene-14	4,1
13-oct-13	0	08-nov-13	0	04-dic-13	0	30-dic-13	2,3	25-ene-14	0
14-oct-13	0	09-nov-13	0	05-dic-13	0	31-dic-13	0	26-ene-14	0
15-oct-13	0	10-nov-13	0	06-dic-13	0	01-ene-14	49	27-ene-14	16,5
16-oct-13	0	11-nov-13	0	07-dic-13	0	02-ene-14	11,6	28-ene-14	11,7
17-oct-13	2,8	12-nov-13	0	08-dic-13	1,6	03-ene-14	0	29-ene-14	0
18-oct-13	0	13-nov-13	0	09-dic-13	0,2	04-ene-14	0	30-ene-14	2,6
19-oct-13	0	14-nov-13	11,3	10-dic-13	0	05-ene-14	0	31-ene-14	37,8
20-oct-13	2,9	15-nov-13	2,6	11-dic-13	0	06-ene-14	28,1	01-feb-14	23
21-oct-13	0	16-nov-13	0	12-dic-13	0	07-ene-14	61,3	02-feb-14	3,5
22-oct-13	0	17-nov-13	0	13-dic-13	0	08-ene-14	0	03-feb-14	4,3
23-oct-13	0	18-nov-13	0	14-dic-13	0	09-ene-14	22,4	04-feb-14	0
24-oct-13	0	19-nov-13	14,9	15-dic-13	0	10-ene-14	0	05-feb-14	70,5
25-oct-13	0	20-nov-13	0,6	16-dic-13	0	11-ene-14	0	06-feb-14	45,5
26-oct-13	0,4	21-nov-13	0,1	17-dic-13	0	12-ene-14	0	07-feb-14	89,3
27-oct-13	0	22-nov-13	0	18-dic-13	0	13-ene-14	0	08-feb-14	37,5
28-oct-13	0	23-nov-13	0	19-dic-13	0	14-ene-14	0	09-feb-14	4,1
29-oct-13	0	24-nov-13	0	20-dic-13	0	15-ene-14	0	10-feb-14	0
30-oct-13	0	25-nov-13	18,7	21-dic-13	0	16-ene-14	0	11-feb-14	13,2
31-oct-13	1,8	26-nov-13	47,5	22-dic-13	0	17-ene-14	0	12-feb-14	0
01-nov-13	60,5	27-nov-13	3	23-dic-13	0	18-ene-14	0	13-feb-14	0
02-nov-13	0,3	28-nov-13	0	24-dic-13	0	19-ene-14	0	14-feb-14	0
03-nov-13	0	29-nov-13	0	25-dic-13	0	20-ene-14	7,2	15-feb-14	0
04-nov-13	0	30-nov-13	0	26-dic-13	1,5	21-ene-14	38,5		
05-nov-13	0	01-dic-13	0	27-dic-13	0	22-ene-14	0		

Fuente: INIA. GRAS (2014).

Anexo No. 7. Temperatura media diaria para el período del ensayo.

Fecha	Temperatura media (°C)	Fecha	T. media (°C)	Fecha	T. media (°C)	Fecha	T. media (°C)	Fecha	T. media (°C)
11-oct-13	14,4	06-nov-13	19,4	02-dic-13	24,9	28-dic-13	27,6	23-ene-14	28,8
12-oct-13	17,1	07-nov-13	18,5	03-dic-13	16,5	29-dic-13	29	24-ene-14	19,7
13-oct-13	16,6	08-nov-13	18,4	04-dic-13	20,6	30-dic-13	29,3	25-ene-14	16,8
14-oct-13	17,4	09-nov-13	18,6	05-dic-13	17,5	31-dic-13	24,6	26-ene-14	20
15-oct-13	18,8	10-nov-13	20,1	06-dic-13	16,1	01-ene-14	26,3	27-ene-14	22,9
16-oct-13	19,4	11-nov-13	17,9	07-dic-13	21,3	02-ene-14	21,2	28-ene-14	22,5
17-oct-13	19,5	12-nov-13	20,2	08-dic-13	25,6	03-ene-14	18,9	29-ene-14	23,2
18-oct-13	16,2	13-nov-13	18,2	09-dic-13	19,7	04-ene-14	21,5	30-ene-14	23,3
19-oct-13	17,5	14-nov-13	23,6	10-dic-13	18,2	05-ene-14	24,6	31-ene-14	25
20-oct-13	17,5	15-nov-13	19,7	11-dic-13	18,8	06-ene-14	26,8	01-feb-14	21,5
21-oct-13	12,9	16-nov-13	15,6	12-dic-13	20,9	07-ene-14	21,1	02-feb-14	21
22-oct-13	13,2	17-nov-13	18	13-dic-13	23	08-ene-14	21,7	03-feb-14	20,1
23-oct-13	16,7	18-nov-13	20,4	14-dic-13	25	09-ene-14	23,4	04-feb-14	22,6
24-oct-13	12,8	19-nov-13	18,3	15-dic-13	26,7	10-ene-14	23,2	05-feb-14	25,9
25-oct-13	13	20-nov-13	18,8	16-dic-13	26	11-ene-14	19,4	06-feb-14	17,8
26-oct-13	15,9	21-nov-13	18,1	17-dic-13	27,1	12-ene-14	18,1	07-feb-14	20,9
27-oct-13	14,7	22-nov-13	19,4	18-dic-13	25,3	13-ene-14	23,5	08-feb-14	25
28-oct-13	13,6	23-nov-13	21	19-dic-13	24,2	14-ene-14	22,6	09-feb-14	22,2
29-oct-13	17,4	24-nov-13	23,6	20-dic-13	24,2	15-ene-14	24,7	10-feb-14	22,4
30-oct-13	18,7	25-nov-13	21,8	21-dic-13	24,1	16-ene-14	26,4	11-feb-14	23,1
31-oct-13	19,5	26-nov-13	18,1	22-dic-13	25,1	17-ene-14	28,1	12-feb-14	22,9
01-nov-13	18,9	27-nov-13	16,7	23-dic-13	25,8	18-ene-14	29,3	13-feb-14	21,3
02-nov-13	16,3	28-nov-13	18,5	24-dic-13	26,8	19-ene-14	25,2	14-feb-14	19
03-nov-13	15,2	29-nov-13	18,4	25-dic-13	28,6	20-ene-14	24,2	15-feb-14	19,2
04-nov-13	14,5	30-nov-13	20,5	26-dic-13	28,8	21-ene-14	23,8		
05-nov-13	16,4	01-dic-13	22,8	27-dic-13	26,5	22-ene-14	26,6		

Fuente: INIA. GRAS (2014).

Anexo No. 8. Humedad relativa media diaria para el período del ensayo

Fecha	H. Relativa media (%)	Fecha	HR. media (%)	Fecha	HR. media (%)	Fecha	HR. media (%)	Fecha	HR. media (%)
11-oct-13	81	06-nov-13	60	02-dic-13	65	28-dic-13	48	23-ene-14	71
12-oct-13	80	07-nov-13	76	03-dic-13	53	29-dic-13	57	24-ene-14	76
13-oct-13	85	08-nov-13	87	04-dic-13	54	30-dic-13	55	25-ene-14	56
14-oct-13	75	09-nov-13	83	05-dic-13	55	31-dic-13	57	26-ene-14	66
15-oct-13	66	10-nov-13	81	06-dic-13	59	01-ene-14	63	27-ene-14	78
16-oct-13	55	11-nov-13	84	07-dic-13	54	02-ene-14	82	28-ene-14	88
17-oct-13	73	12-nov-13	64	08-dic-13	51	03-ene-14	52	29-ene-14	82
18-oct-13	85	13-nov-13	60	09-dic-13	76	04-ene-14	43	30-ene-14	83
19-oct-13	66	14-nov-13	52	10-dic-13	71	05-ene-14	58	31-ene-14	78
20-oct-13	79	15-nov-13	65	11-dic-13	62	06-ene-14	50	01-feb-14	87
21-oct-13	76	16-nov-13	64	12-dic-13	60	07-ene-14	79	02-feb-14	85
22-oct-13	63	17-nov-13	65	13-dic-13	57	08-ene-14	67	03-feb-14	87
23-oct-13	74	18-nov-13	68	14-dic-13	58	09-ene-14	68	04-feb-14	79
24-oct-13	64	19-nov-13	84	15-dic-13	54	10-ene-14	74	05-feb-14	77
25-oct-13	68	20-nov-13	85	16-dic-13	63	11-ene-14	64	06-feb-14	89
26-oct-13	77	21-nov-13	81	17-dic-13	55	12-ene-14	65	07-feb-14	90
27-oct-13	55	22-nov-13	67	18-dic-13	60	13-ene-14	57	08-feb-14	81
28-oct-13	51	23-nov-13	64	19-dic-13	69	14-ene-14	68	09-feb-14	83
29-oct-13	54	24-nov-13	65	20-dic-13	66	15-ene-14	64	10-feb-14	80
30-oct-13	58	25-nov-13	77	21-dic-13	67	16-ene-14	62	11-feb-14	82
31-oct-13	68	26-nov-13	85	22-dic-13	63	17-ene-14	59	12-feb-14	74
01-nov-13	85	27-nov-13	86	23-dic-13	58	18-ene-14	53	13-feb-14	71
02-nov-13	90	28-nov-13	62	24-dic-13	53	19-ene-14	64	14-feb-14	64
03-nov-13	73	29-nov-13	56	25-dic-13	48	20-ene-14	73	15-feb-14	64
04-nov-13	72	30-nov-13	64	26-dic-13	55	21-ene-14	79		
05-nov-13	65	01-dic-13	67	27-dic-13	57	22-ene-14	75		

Fuente: INIA. GRAS (2014).