

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Incidencia de las enfermedades de la piel en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), cosechados a los 60 y 120 días posterior a su madurez fisiológica

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía

**Ingrid Tamara Berrocal Gutiérrez**

VALDIVIA-CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE:

Nancy Andrade S.

Ing. Agr., M. Sc.

---

PROFESORES INFORMANTES:

Andrés Contreras M.

Ing. Agr.

---

Laura Böhm S.

Ing. Agr.

---

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecerles a mis padres, que han sido un pilar fundamental en mi vida, gracias por su esfuerzo y constancia. Sin ustedes yo no habría llegado hasta aquí mil gracias, y para que decir son lo primero en mi vida y los quiero demasiado. A mis hermanitas que me ha acompañado siempre en este camino, animo para ustedes que si yo lo logre ustedes también lo harán, saben las dos, que yo las quiero demasiado y que significan mucho en mi vida.

De igual forma quiero agradecer a Alfredo, por su amor incondicional y su apoyo en todo este tiempo.

Quiero agradecer a mi profesora Nancy Andrade, por su ayuda tanto en la ejecución de la tesis como también en mi formación académica gracias por su amabilidad, buena disposición y amistad. A mis profesores informantes Laura Böhm y Andrés Contreras, por sus sugerencias y aportes, muchas gracias.

En especial quiero agradecerle a Ingrid Castro, por sus valiosos aportes a esta tesis, por la paciencia, buena disposición y amistad muchas gracias.

Un cariñoso saludo para todos aquellos que conocí en mi trascurso de estudiante especialmente a la Tante, por su cariño y amistad. A mis compañeros de mención, Roxana por su amistad y cariño sincero también a, Marce, Javier, Willy, Jano, Maike, Pamela, Eli, Pili, Eduardo, a los panchos, Héctor y a lorena, siempre los llevare en mi corazón.

## ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Importancia del cultivo de la papa en Chile	3
2.2	Fisiología de la piel del tubérculo	4
2.3	Situación fitopatológica del cultivo de la papa	6
2.4	Enfermedades que afectan la calidad estética del tubérculo	6
2.4.1	Costra negra, enfermedad causada por el hongo <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	7
2.4.1.1	Sintomatología de la enfermedad	8
2.4.1.2	Signos del patógeno	10
2.4.1.3	Epifitiología de la enfermedad	11
2.4.1.4	Ciclo de la enfermedad	11
2.4.1.5	Hospederos	12
2.4.1.6	Métodos de control de <i>R. solani</i>	13
2.4.1.7	Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa	14
2.4.2	Sarna común, enfermedad causada por la bacteria <i>Streptomyces scabies</i> Thaxter	14
2.4.2.1	Sintomatología de la enfermedad	15
2.4.2.2	Signos del patógeno	16

Capítulo		Página
2.4.2.3	Epifitiología de la enfermedad	16
2.4.2.4	Ciclo de la enfermedad	17
2.4.2.5	Hospederos	19
2.4.2.6	Métodos de control de <i>S. scabies</i>	19
2.4.2.7	Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa	20
2.4.3	Sarna plateada, enfermedad causada por el hongo <i>Helminthosporium solani</i> Durieu y Mont	21
2.4.3.1	Sintomatología de la enfermedad	22
2.4.3.2	Signos del patógeno	23
2.4.3.3	Epifitiología de la enfermedad	24
2.4.3.4	Ciclo de la enfermedad	24
2.4.3.5	Hospederos	26
2.4.3.6	Métodos de control de <i>H. solani</i>	26
2.4.3.7	Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa	27
2.4.4	Sarna polvorienta, enfermedad causada por el hongo <i>Spongospora subterranea</i> Wallr	28
2.4.4.1	Sintomatología de la enfermedad	28
2.4.4.2	Signos del patógeno	30
2.4.4.3	Epifitiología de la enfermedad	30
2.4.4.4	Ciclo de la enfermedad	31
2.4.4.5	Hospederos	32
2.4.4.6	Métodos de control de <i>S. subterranea</i>	32
2.4.4.7	Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa	33

Capítulo		Página
3	MATERIAL Y METODO	34
3.1	Materiales	34
3.1.1	Tubérculo-semilla	34
3.1.2	Materiales de cosecha	34
3.1.3	Materiales de evaluación	35
3.1.4	Almacenaje de papas cosechadas	35
3.1.5	Datos climatológicos	35
3.2	Método	35
3.2.1	Ubicación del ensayo	35
3.2.2	Labores agrícolas previa plantación	36
3.2.3	Diseño ensayo	36
3.2.3.1	Diseño experimental	36
3.2.4	Fechas de cosecha	37
3.2.5	Evaluación de los tubérculos	38
3.2.6	Parámetros a evaluar	38
3.2.7	Análisis estadístico	38
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	40
4.1	Evaluación del desecho y el rendimiento comercial total, en tres épocas de cosecha	40
4.2	Evaluación de la incidencia de costra negra en tubérculos de papa cv. Desirée	42
4.2.1	Evaluación del rendimiento comercial de tubérculos sanos a costra negra, considerando la sanidad a la plantación y la época de cosecha	42
4.2.2	Incidencia de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa, al usar tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, en tres épocas de cosecha	47

Capítulo		Página
4.3	Evaluación de la incidencia de sarna común en tubérculos de papa cv. Desirée	50
4.3.1	Evaluación del rendimiento comercial sanos a sarna común, en tres épocas de cosecha	50
4.3.2	Incidencia de <i>S. scabies</i> en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha	53
4.4	Evaluación de la incidencia de sarna plateada en tubérculos de papa cv. Desirée	55
4.4.1	Evaluación del rendimiento comercial en tubérculos sanos a sarna plateada, en tres épocas de cosecha	55
4.4.2	Incidencia de <i>H. solani</i> en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha	58
4.5	Evaluación de la incidencia de sarna polvorienta en tubérculos de papa cv. Desirée	60
4.5.1	Evaluación del rendimiento comercial en tubérculos sanos a sarna polvorienta, en tres época de cosecha	60
4.5.2	Incidencia de <i>S. subterranea</i> en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha	64
5	CONCLUSIONES	65
6	RESUMEN	66
	SUMMARY	68
7	BIBLIOGRAFIA	70
	ANEXOS	83

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tubérculos de papa clasificados en comercial y desecho, para tres épocas de evaluación	41
2	Estimación del rendimiento comercial total (t/ha) y el desecho, utilizando tubérculo-semilla sano, en tres épocas de cosecha	41
3	Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a costra negra, utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, para tres épocas de cosecha	43
4	Promedio del número de tubérculo cosechados en el ensayo, utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación	44
5	Pérdida (%) del rendimiento comercial, ocasionado por el uso de tubérculo-semilla con costra negra en la plantación, para tres épocas de cosecha	46
6	Efecto de la sanidad del tubérculo-semilla y la época de cosecha en la incidencia de costra negra	48

Cuadro		Página
7	Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a sarna común, en tres épocas de cosecha	51
8	Efecto de la época de cosecha sobre el porcentaje de incidencia de sarna común en tubérculos de papa cv. Desirée	54
9	Rendimiento comercial (kg) de tubérculos sanos a sarna plateada en tres épocas de cosecha	56
10	Efecto de la época de cosecha sobre el porcentaje de incidencia de sarna plateada en tubérculos de papa cv. Desirée	59
11	Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a sarna polvorienta, en tres épocas de cosecha	61
12	Efecto de la época de cosecha sobre el porcentaje de incidencia de sarna polvorienta en tubérculos de papa cv. Desirée	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esclerocios sobre piel del tubérculo	10
2	Síntomas de sarna común	16
3	Síntomas de sarna plateada	22
4	Síntomas de sarna polvorienta	29
5	Diseño del experimento	37
6	Efecto de <i>R. solani</i> sobre tubérculos de papa cv. Desirée	45
7	Comparación entre el rendimiento comercial total (t/ha) versus rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sin síntomas de sarna común, para tres épocas de cosecha	58
8	Comparación entre el rendimiento comercial total (t/ha) versus rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sin síntomas de sarna plateada, para tres épocas de cosecha	57

Figura	Página
9 Comparación entre el rendimiento comercial total (t/ha) versus rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sin síntomas de sarna polvorienta, para tres épocas de cosecha	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Datos meteorológicos, promedios de octubre 2003 a julio 2004 y la media histórica	84
2	Escala de evaluación de costra negra	85
3	Escala de evaluación de sarna común	86
4	Escala de evaluación de sarna plateada	87
5	Escala de evaluación de sarna polvorienta	88
6	Ficha técnica cv. Desirée	89
7	Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) $(\sqrt{X+1})$ de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia costra negra), utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en tres épocas de cosecha	90

Anexo		Página
8	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>R. solani</i> (5,10, 25%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée al utilizar tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, en tres épocas de cosecha	91
9	Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna común) en tres épocas de cosecha	92
10	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> (5, 10, 25, 50%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée, en tres épocas de cosecha	93
11	Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (kg) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna plateada) en tres épocas de cosecha	94
12	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>H. solani</i> (10, 25, 50, 75%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée en tres épocas de cosecha	95

Anexo		Página
13	Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna polvorienta) tres épocas de cosecha	96
14	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. subterranea</i> 5, 10, 25, 50% sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée, en tres épocas de cosecha	97

## 1 INTRODUCCION

La papa es uno de los cultivos tradicionales más importantes en Chile tanto económica como socialmente. Es cultivada a lo largo de todo el país, con producciones comerciales concentradas en la zona norte, centro y sur.

La zona sur, dadas sus condiciones climáticas y edáficas garantiza producciones de altos rendimientos, de una gran pureza varietal y de adecuados estándares sanitarios. Con respecto, a otras zonas del país se caracteriza por estar libre de enfermedades cuarentenarias de gran importancia, para la producción de papa semilla. Siendo la IX y X Región del país las principales zonas productoras, y con la mayor superficie nacional cultivada. La que se orienta principalmente a la producción de semilla, consumo fresco y agroindustria.

Una de las grandes limitaciones del cultivo son los problemas fitopatológicos que producen pérdidas importantes en rendimiento y calidad del producto, afectando la comercialización tanto en el mercado interno como externo.

La incidencia de las enfermedades de la piel, afecta principalmente la calidad estética del tubérculo, debido al área de cobertura que son capaces de cubrir estos patógenos a través, de síntomas y signos.

De este modo las principales enfermedades de la piel que afectan la calidad estética de tubérculo son, costra negra (*Rhizoctonia solani* Kühn), sarna común (*Streptomyces scabies* Thaxter), sarna plateada (*Helminthosporium solani* Durieu y Mont) y sarna polvorienta (*Spongospora subterranea* Wallr). No

solo afectan la calidad estética del tubérculo sino además, influyen en las distintas etapas del crecimiento, es por ello que resulta relevante determinar la incidencia de las enfermedades de la piel al dejar los tubérculos en el suelo posterior a su madurez fisiológica. Basándose en esta interrogante se planteó la siguiente hipótesis; que costra negra, sarna común, sarna plateada y sarna polvorienta se incrementarían al permanecer los tubérculos en el suelo, después de la madurez fisiológica.

#### Objetivo general

Estudiar el efecto de la permanencia en el suelo de tubérculos de papa, en la incidencia de costra negra, sarna común, sarna plateada y sarna polvorienta.

#### Objetivos específicos

- Evaluar la incidencia de costra negra, sarna común, sarna plateada y sarna polvorienta, en tubérculos de papa cosechados a la madurez fisiológica, 60 y 120 días después de ésta.
- Evaluar el efecto en la sanidad de los tubérculos cosechados, utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Importancia nacional del cultivo de la papa.

En Chile, la papa ocupa el cuarto lugar de importancia en términos de superficie con un promedio de 60.000 ha distribuidas a través de todo el país, con una producción anual del orden de 930.000 toneladas y un rendimiento promedio de 15 t/ha (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE), 2005).

Chile posee excelentes condiciones para el cultivo de la papa, produciéndose durante todo el año ya que, se distribuye a través de una amplia zona geográfica; según las diferentes condiciones agroclimáticas, las explotaciones pueden dividirse en zona norte, centro, centro-sur y sur cada una con su estrategia productiva (AGROINDUSTRIA.ORG, 2005).

En la temporada 2003/04, representó la Región IX y X en promedio el 57% de la superficie nacional plantada, correspondiente a 31.310 ha, según lo indicado por el Censo Nacional Agropecuario. En donde la X Región aporta 17.200 ha y una producción de 400.000 toneladas (INE, 2005).

Este cultivo tiene una gran importancia social especialmente por la preponderancia de los pequeños productores, donde el 93% de los productores pertenecen al estrato pequeño y de subsistencia (TAPIA, 2001).

En Chile, según los especialistas, la veta agroindustrial y la producción de papa semilla aparece como la más prometedora. Acceder a estas, sin embargo, requiere de importantes mejoras (AGROINDUSTRIA.ORG, 2005).

Así también, en el último tiempo la actividad exportadora se ha incrementado, tanto para la producción de papa fresca, como para semilla siendo los principales mercados Brasil y Venezuela (TAPIA, 2001).

Pese a la gran diversidad de variedades existentes en el mundo, y el gran potencial fitogenético en Chile no se producen comercialmente más de diez variedades. De hecho tres de ellas Desirée, Yagana y Cardinal abarcan más del 90% de la producción, siendo la más difundida en Chile Desirée, con más del 50% de la producción. De origen holandés esta papa fue introducida en el país por el INIA en 1968 y se cultiva para guardar desde la Región Metropolitana al sur. De piel rosada y pulpa amarilla, se destina fundamentalmente para consumo fresco, aún cuando, debido a la escasa especificidad predominante en el país, también se utiliza para chips y papas fritas artesanales (AGROINDUSTRIA.ORG, 2005).

## **2.2 Fisiología de la piel del tubérculo.**

El tubérculo, es un tallo subterráneo del cual se desarrollan raíces y estolones. Se forma en el extremo del estolón, como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que resulta de un rápido desarrollo y división celular (HOOKER, 1980).

La piel del tubérculo permite o excluye la posibilidad de penetración de patógenos, regula la velocidad de intercambio gaseoso, pérdida de agua y protege al tubérculo contra daños mecánicos. La piel del tubérculo no es un elemento fijo, sino que tiene la capacidad de regenerarse por medio de reacciones de cicatrización que tienen directa influencia sobre la incidencia y severidad de enfermedades, preservación en almacenaje, capacidad de brotación y comportamiento del tubérculo-semilla (HOOKER, 1980).

La epidermis persiste solo por un período corto en los tubérculos más jóvenes de aproximadamente 1 cm de diámetro. El peridermo inicial es de corta vida y se deriva de la epidermis donde pronto es reemplazado por un peridermo más persistente o por una capa de corcho que surge de las células del cambium meristemático localizado debajo de la epidermis. Este peridermo, en tubérculos maduros, está compuesto por 6 a 10 capas de células en forma de ladrillo, de pared delgada, una encima de otra, sin espacios intercelulares y con la pared suberificada, las características del peridermo varían considerablemente según la variedad (HOOKER, 1980).

La velocidad de cicatrización, incluyendo la suberización y desarrollo del peridermo, aumenta aproximadamente tres veces a temperaturas entre 5 a 10°C y tres veces más entre 10 y 20°C con relación a lo normal; la cicatrización es inhibida progresivamente a menor disponibilidad de oxígeno y mayor disponibilidad de anhídrido carbónico y es más rápida entre 80 y 100% de humedad relativa. Sin embargo, la presencia de agua libre en la superficie del tubérculo es perjudicial por que excluye al oxígeno (HOOKER, 1980).

La infección provocada por algunos patógenos que penetran por heridas, se reduce considerablemente por la rápida formación de suberina y peridermo, debajo de las heridas (HOOKER, 1980).

Las lenticelas se forman debajo de los estomas que se encuentran presentes tanto en la epidermis del tallo como en la de los tubérculos. Inicialmente, debajo del peridermo se forma una masa compacta de células redondeadas relativamente pequeñas, de pared celular delgada que eventualmente irrumpe hacia la superficie, de tal manera que las lenticelas constituyen una rotura de la superficie del tubérculo tapizado por una capa, poco compacta de células de pared delgada. Las lenticelas permiten el intercambio gaseoso, ya que el peridermo es relativamente impermeable. Y

proporcionan vías de penetración de diversos patógenos del suelo (HOOKER, 1980).

### **2.3 Situación fitopatológica del cultivo de la papa.**

Los problemas fitopatológicos restringen la producción de papas, lo que provoca severas pérdidas en rendimiento y calidad, se estima que cerca del 14% de la producción se pierde por enfermedades y por deshidratación (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE), 1997).

La papa es afectada por numerosas enfermedades, entre las que se pueden distinguir están aquellas causadas por virus, hongos, bacterias y nemátodos (SANDOVAL, 1987).

El cultivo se ve afectado por una serie de bacterias de diversos géneros siendo las más importantes para la zona sur de Chile, sarna común (*Streptomyces scabies*) y pie negro (*Erwinia sp.*) (SANDOVAL, 1987).

En papa dentro de las enfermedades fungosas existentes, se indican como las más importantes costra negra (*Rhizoctonia solani*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), pudrición seca (*Fusarium sp*) y sarna plateada (*Helminthosporium solani*) (SANDOVAL, 1987).

**2.4 Enfermedades que afectan la calidad estética del tubérculo.** Estas enfermedades, son causadas por hongos y bacterias que dañan la piel del tubérculo, provocando rechazos para posibles exportaciones y dificultando la comercialización del producto. Por esta causa se asocia una pérdida de peso por deshidratación del tubérculo, como también la presencia de síntomas y signos de los patógenos (HOOKER, 1980).

**2.4.1 Costra negra, enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn.** Esta enfermedad es compleja y está presente en todas las áreas, donde se cultiva papa, es un patógeno destructivo, que tiene la capacidad de afectar en las distintas etapas, del cultivo (GUDMESTAD *et al.*, 1979; BANVILLE, 1996; ANDRADE *et al.*, 2004).

De Candolle 1815 fue el primero en describir el género *Rhizoctonia*, quién la designó como *R. crocorum* (Pers.) DC, posteriormente Julis Kühn en 1858 describió a *R. solani* la especie más importante de este género (OGOSHI, 1987).

En base a sus características morfológicas y el estado sexual o telomorfo OGOSCHI (1987) señaló que los aislamientos de *Rhizoctonia* se pueden dividir en tres grupos:

- Multinucleadas con cuatro o más núcleos por células, e hifas largas, donde el género del telomorfo es *Thanatephorus* Donk.
- Binucleada con dos núcleos por célula rara vez tres, e hifas cortas, el género del telomorfo es *Ceratobasidium* Rogers.
- Incluye a *R. oryzae* y *R. zea*, son multinucleados y el género del telomorfo es *Waitea* Warcup & Talbot.

*R. solani* es la fase asexual (anamorfo) del habitante del suelo el Basidiomycota *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (fase sexual o telomorfo). Pertenece a la clase Hyphomycetes, es la fase patogénica y se caracteriza por que no produce conidias, las hifas son de color marrón oscuro, las células son multinucleadas y la base de las células da origen a una ramificación que tiene una constricción (TORRES, 2002 a).

Las hifas de *R. solani* son capaces de anastomosarse (fusión de hifas) por lo que los diferentes aislamientos han sido agrupados en función a esta particularidad (HOOKER, 1980).

Causa importantes daños al cultivo de la papa, dentro de las que destaca, la producción de esclerocios en la progenie, que resulta en pérdidas importantes en el rendimiento comercial y en la producción de tubérculo-semilla (JAGER *et al.*, 1991).

2.4.1.1 Sintomatología de la enfermedad. Los síntomas típicos incluyen muerte de brotes y tallos, canchros en estolones, disminución del sistema radical, y formación de esclerocios en tubérculos en formación (GUDMESTAD *et al.*, 1979; BANDY y TAVANTZIS, 1990).

La enfermedad afecta a los brotes del tubérculo-semilla en los estados de pre y post emergencia. Los brotes afectados muestran en la base lesiones necróticas de color marrón, que cuando son profundas los estrangulan (TORRES, 2002 a). Los brotes que emergen, igualmente se infectan, desarrollando en la base del tallo un canchro, el que puede presentar depresiones profundas produciendo un estrangulamiento de este, suscitándose una gran diversidad de síntomas, incluyendo retardo en el desarrollo de la planta, arrosamiento del ápice, necrosis cortical del tejido leñoso, pigmentación purpúrea de las hojas y formación de tubérculos aéreos (HOOKER, 1980).

Las lesiones maduras se transforman en canchros los que interfieren con el movimiento normal del agua y carbohidratos desde el follaje hacia los tubérculos. Este impedimento en el paso de nutrientes desde el follaje a los tubérculos provoca la acumulación de carbohidratos en el cuello de la planta, sobre la zona estrangulada, lo que induce a la formación de tubérculos aéreos

en las axilas de los tallos (BANVILLE *et al.*, 1996; ACUÑA *et al.*, 2004; JOHNSON y LEACH, 2004).

Las fallas de emergencia en campo, producto del ataque del hongo en brotes emergentes y los canchales en estolones y tallos, reducen el número de plantas por hectárea, desigualdad en el crecimiento, plantas débiles y por lo tanto reducción en el rendimiento (HOOKER, 1980; SIMONS y GILLIGAN, 1997; CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG), 2002).

BANVILLE *et al.* (1996), señala que el patógeno induce al enrollamiento en las hojas impidiendo su crecimiento. Las hojas toman una pigmentación morada por la acumulación de antocianinas.

El hongo en estolones ocasiona lesiones necróticas que pueden estrangularlos. Cuando esto ocurre, los tubérculos que están en pleno desarrollo quedan pequeños (TORRES, 2002 a). Las lesiones que se forman en los estolones son de color castaño y provocan la muerte de los mismos, así también la malformación de tubérculos que se produciría por efecto de una toxina que produce el patógeno, con efecto regulador de crecimiento, la cual puede ser parcialmente responsable de las malformaciones (HOOKER, 1980).

Las raíces son atacadas y destruidas dando como resultado plantas con un pobre sistema radicular. La destrucción de las raíces puede ser consecuencia del estrangulamiento del tallo, lo que además menoscaba el traslado de sustancias fotosintetizadas (HOOKER, 1980).

En la superficie de los tubérculos maduros se forman esclerocios de color negro o castaño. Estos pueden ser chatos, superficiales e irregulares en forma de terrones (ver Figura 2). Los esclerocios se encuentran endurecidos en la superficie, lo cual hace imposible desprenderlos mediante el lavado.

Generalmente por debajo de los esclerocios no se presenta ninguna anomalía en la epidermis del tubérculo (HOOKER, 1980; AGRIOS, 1996).



**FIGURA 1 Esclerocios sobre piel del tubérculo.**

FUENTE: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH) (2002 a).

La infección interna aunque menos frecuente se confina a través del peridermo, puede penetrar en el cortex y rara vez puede inducir a la pudrición del tubérculo (SPENCER y FOX, 1979).

Los síntomas de *T. cucumeris*, el estado sexual se presenta en la superficie de los tallos, exactamente por encima de la línea del suelo formando una capa blanco plumiza sobre las que se originan las basidiosporas y dan a la superficie un aspecto polvoriento (HOOKER, 1980).

2.4.1.2 Signos del patógeno. *R. solani*, forma micelio de color café claro cuando esta maduro, y consta de células largas y produce ramificaciones que crecen

casi en ángulo recto con respecto a la hifa principal, se estrecha ligeramente a nivel de la bifurcación y poseen una septa cerca de ella. Las hifas vegetativas jóvenes tienen sus células multinucleadas y se ramifican cerca del septo distal de la célula (AGRIOS, 1996; GEORGIU y PETROPOULOU, 2001).

Los esclerocios son los signos más característicos de este patógeno, los que se forman en la piel del tubérculo. Estos son masas de micelio que se forman en la superficie del tubérculo en donde penetran alrededor de 5-6 células del peridermo. A menudo los esclerocios crecen juntos formando masas que puede cubrir grandes áreas del tubérculo. Los esclerocios se adhieren herméticamente en la piel (BANVILLE *et al.*, 1996).

2.4.1.3 Epifitiología de la enfermedad. Las condiciones ambientales que favorecen al patógeno son temperaturas del suelo bajas y alto nivel de humedad. Los niveles altos de humedad y sobre todo la falta de drenaje incrementa la formación de esclerocios en tubérculos recién formados (HOOKER, 1980; SIMONS y GILLIGAN, 1997).

Generalmente la severidad de costra negra se incrementa con una disminución de la temperatura. El daño en plantas de papa por *R. solani* es severo a temperaturas de 9,4-24,4°C siendo más severa a 12,2-18,2°C. Sin embargo, por sobre los 21,4°C, la severidad disminuye rápidamente. El óptimo de temperatura es 12°C y bajo 5°C, los daños son menores (CARLING y LEINER, 1990).

2.4.1.4 Ciclo de la enfermedad. Ambos, el tubérculo-semilla infectado y el inóculo del suelo, pueden iniciar la infección en plantas de papa, a pesar de ello, se ha considerado, que el inóculo del tubérculo-semilla es de mayor importancia, debido a que los esclerocios están en la piel del tubérculo y por

ello están íntimamente ligados a la emergencia de los brotes (GUDMESTAD *et al.*, 1979; FRANK y LEACH, 1980; BANVILLE *et al.*, 1996).

El hongo también sobrevive en el suelo como micelio, asociado a residuos de plantas o como esclerocios libres en el suelo, los que pueden permanecer varios años (JAGER *et al.*, 1991; SAG, 2002). El micelio juega un rol importante en la dispersión y supervivencia del patógeno, este rápidamente crece y coloniza el suelo, es relativamente persistente en el suelo (KEIJER, 1996).

Al germinar los esclerocios, el hongo invade especialmente a través de heridas en brotes y tallos emergentes. El ciclo tiene dos fases, una que afecta a tallos y estolones y otra fase en los tubérculos. La primera fase ocurre temprano en la estación de crecimiento y afecta brotes, tallos y estolones. La segunda fase es la formación de esclerocios en el tubérculo (JOHNSON y LEACH, 2004).

En primavera cuando las condiciones son generalmente favorables, los esclerocios germinan e invaden los tallos de papa o los brotes emergentes, especialmente a través de heridas. Durante la etapa de crecimiento, tanto las raíces y estolones son invadidos a medida que se van desarrollando. La formación de los esclerocios sobre los tubérculos nuevos se realiza en cualquier momento, dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, el máximo desarrollo ocurre después de la muerte de la planta cuando los tubérculos permanecen en el suelo (HOOKER, 1980).

2.4.1.5 Hospederos. Ataca a una diversidad de especies entre ellas papa, remolacha, tomate, trébol, zanahoria, apio, repollo, poroto, lechuga, brócoli, coliflor, pimiento, pepino, berenjena y otros (AGRIOS, 1996; APABLAZA, 2000).

2.4.1.6. Métodos de control de *R. solani*. El control integrado, promueve la combinación de métodos de control, desarrollando sistemas que puedan mantener la productividad del suelo y asegure la continua producción con altos rendimiento y buena calidad (JAGER *et al.*, 1991).

El uso de tubérculo-semilla libre de costra negra, es clave en la producción ya que este, constituye la principal fuente de diseminación. (BANVILLE *et al.*, 1996; ACUÑA *et al.*, 2004).

El inóculo del suelo necesita ser reducido a través de medidas sustentables de producción, donde se promueve la vida de microorganismos antagonistas en el suelo, especialmente con el uso de rotaciones de cultivo. Idealmente se recomiendan rotaciones por sobre tres años, con el uso de especies forrajeras y/o cereales, cultivos que generalmente aumentan la actividad de microorganismos del suelo incrementando la competencia, depredación y el parasitismo (BANVILLE *et al.*, 1996; JAGER *et al.*, 1991).

El control biológico se menciona como alternativa considerando a bacterias, hongos, utilizando aislamientos no patogénicos de *R. solani*, especialmente *Rhizoctonia* binucleada, ya que son depredadores en la microfauna del suelo (BANVILLE *et al.*, 1996). También GUDMESTAD *et al.* (1979), indican que este patógeno es un pobre competidor y los efectos de antagonistas puede reducir la actividad de *R. solani*.

Otras prácticas ayudan a disminuir los daños del hongo, como evitar plantar en suelo fríos, con escaso drenaje, o altamente infectados con el hongo, favorecer la emergencia rápida de la planta, plantar los tubérculos superficiales, cosecha temprana y desinfección de semilla (SAG, 2002 y ACUÑA *et al.*, 2004).

2.4.1.7 Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa. La enfermedad afecta la calidad culinaria y sanitaria de los tubérculos, pero con relación a las pérdidas en el rendimiento, en la literatura existen reportes contradictorios. Algunos como JAMES y McKENZIE, (1972) indican que disminuye el rendimiento por causa de las fallas de emergencia que provoca en campo. Y los esclerocios en los tubérculos inducen pérdidas importantes del rendimiento comercial en la producción de papa-semilla (JAGER *et al.*, 1991).

Sin embargo, otros indican que la disminución del rendimiento ocasionada por *R. solani*, es pequeña y no la consideran significativa. Señalando que existe una relación negativa entre los niveles de costra negra y las pérdidas en el rendimiento (BANVILLE *et al.*, 1996).

El impacto económico depende del mercado de destino del cultivo. Para prefritos congelados, esta enfermedad no toma mayor importancia ya que los efectos que provoca son superficiales y se elimina con el pelado de los tubérculos. Pero al considerar el mercado de papas frescas, los esclerocios son considerados menos atractivos al consumidor. Sin lugar a dudas en donde repercute con mayor fuerza es en el mercado de la papa-semilla, debido a que constituye un obstáculo para su comercialización, producto de las tolerancias impuestas por los países importadores (BANVILLE *et al.*, 1996).

**2.4.2 Sarna común, enfermedad causada por la bacteria *Streptomyces scabies* Thaxter.** El organismo causal de sarna común, fue descrito por Thaxter quién lo clasificó como *Oospora scabies*, donde lo caracterizó por sus esporas en cadena. Posteriormente fue reclasificado como *Actinomyces scabies* por Gussow y más tarde Waksman y Henrici lo clasifican como *Streptomyces scabies*, finalmente en 1989 Lambert y Loria realizaron la descripción definitiva y más precisa de *S. scabies* (DOERING-SAAD *et al.*, 1992)

Sarna común causa serios problemas en áreas donde se cultiva papa, siendo importante a través de todo el mundo (HOOKER, 1980; ANONIMO, 1988; BOUCHEK-MECHICHE *et al.*, 2000; WATERER, 2002).

Es una bacteria filamentososa, gram-positivo, que se encuentra comúnmente en el suelo (RANDALL *et al.*, 2002; BOUCHEK-MECHICHE *et al.*, 2000; ACUÑA y ANDRADE, 2002).

Según HOOKER (1980), los Streptomyces presentan características similares a los hongos, pero están clasificados como bacterias debido a que poseen pared celular con características bioquímicas que se asemejan más a las bacterias que a los hongos, su similitud con los hongos reside en su morfología filamentososa pero se diferencia notablemente por el reducido diámetro de su filamento vegetativo.

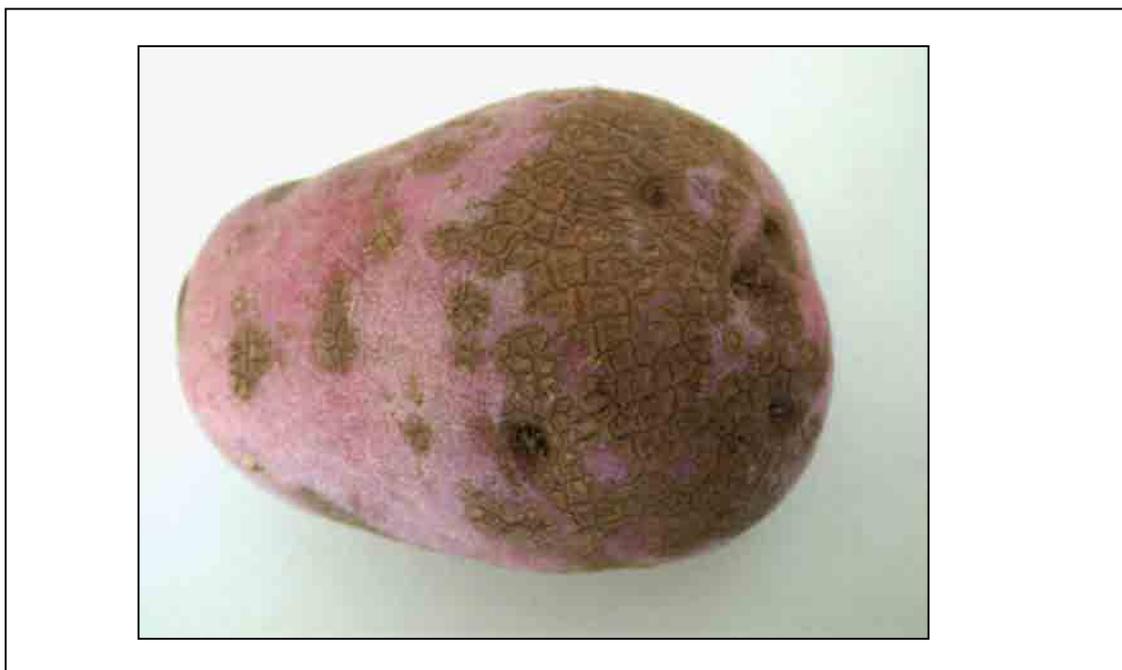
ACUÑA y ANDRADE (2002) señalan que las especies de *Streptomyces* patogénicas forman parte de la microflora nativa del suelo.

2.4.2.1 Sintomatología de la enfermedad. HOOKER (1980); AGRIOS (1996); ACUÑA y ANDRADE (2002); RANDALL *et al.* (2002), señalan que los síntomas son bastante variables, comúnmente son lesiones circulares corchosas que varían en tamaño desarrollándose en distintas zonas de la superficie del tubérculo.

Los síntomas no se manifiestan en la parte aérea de la planta, sino en la superficie de los tubérculos. Las lesiones a menudo miden entre los 5-8 mm de diámetro y raramente exceden los 10 mm pudiendo ser numerosas y cubrir totalmente la superficie del tubérculo (ver Figura 3) (HOOKER, 1980).

Según HOOKER (1980), se pueden distinguir tres tipos de sarna; en las

que se presenta solo una capa superficial corchosa que cubre gran parte del tubérculo y que se conoce como sarna superficial o bermeja; sarna protuberante que sobresale de 1 a 2 mm de la superficie y por último esta la sarna cóncava o hundida, la que penetra en el tejido llegando hasta 7 mm de profundidad en el tubérculo. LORIA *et al.* (1997), indican que las lesiones superficiales son las más frecuentes de encontrar, siendo lesiones en constante aumento.



**FIGURA 2 Síntomas de sarna común.**

FUENTE: UACH (2002 a).

2.4.2.2 Signos del patógeno. La forma vegetativa consiste en un micelio ramificado y delgado que presenta muy pocas septas. Produce esporas en forma de barril, los conidióforos son ramificados, con septas y ramas lateralmente enrolladas en espiral (AGRIOS, 1996).

2.4.2.3 Epifitiología de la enfermedad. Este patógeno se desarrolla bien en suelos con pH 5.5-7.5 y por sobre pH 5.2 comienza ocasionar lesiones en

tubérculos de papa (LORIA *et al.*, 1997; KIRK *et al.*, 2000). Así también ADAMS *et al.* (1970), encontraron que la población de la bacteria aumenta a pH 6.08-6.51, disminuyendo en suelos más alcalinos y ácidos.

El rango de temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 19-24° C; la intensidad del patógeno se incrementa en la medida que se eleva la temperatura del suelo (BOUCHEK-MECHICHE *et al.*, 2000), con una mínima y máxima de 8-38°C, aumentado la severidad de la enfermedad durante la estación de crecimiento con altas temperaturas (LORIA *et al.*, 1997).

Esta enfermedad es más severa bajo condiciones de clima cálido, suelos secos, textura gruesa, bien drenados y deficientes de materia orgánica (RANDALL *et al.*, 2002 y UNIVERISTY OF ILLINOIS, 1988)

BONDE y MC INTYRE (1968) demostraron que la humedad, la temperatura del suelo y la disponibilidad de nutrientes son determinantes en el desarrollo de la sarna.

Los niveles de nutrientes, en el tubérculo, están altamente relacionados con la severidad de sarna común, existiendo una correlación lineal positiva para el calcio y negativa para el potasio, fósforo, y el magnesio. En contraste para los nitratos y el fierro no hay una correlación con la severidad de sarna común (DAVIS *et al.*, 1976).

2.4.2.4 Ciclo de la enfermedad. Es una bacteria saprófita que puede sobrevivir en plantas en descomposición, malezas, rastrojos de cultivo a través de micelio vegetativo o de esporas (UNIVERISTY OF ILLINOIS, 1988 y AGRIOS, 1996).

Según lo que señalan BONDE y MC INTYRE (1968) este patógeno puede sobrevivir en el suelo o en residuos de plantas hasta por décadas.

Las principales fuentes de contaminación son: suelos infectados con el patógeno, el uso de papa-semilla con síntomas, agua de riego y lluvia, viento, maquinaria agrícola y herramientas que muevan el suelo (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1988; LORIA *et al.*, 1997; ACUÑA y ANDRADE 2002; RANDALL *et al.*, 2002). Además, KIRK *et al.* (2000) y UNIVERSITY OF ILLINOIS (1988), agregan que la bacteria es capaz de sobrevivir en el tracto digestivo de animales y ser distribuido con el estiércol, por el campo.

*S. scabies* penetra a través de estomas en formación, lenticelas inmaduras y heridas que también facilitan la infección permitiendo que el patógeno invada con mayor intensidad y profundidad (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1988; APABLAZA, 2000; ANDRADE *et al.*, 2004).

Tubérculos maduros, no son susceptible a la infección. Sin embargo, infecciones establecidas en tubérculos maduros se expanden y el patógeno continúa colonizando, resultando finalmente lesiones en aumento compuestas de tejido corchoso e incrementando la severidad de la enfermedad (DOERING-SAAD *et al.*, 1992; KIRK *et al.*, 2000; ACUÑA y ANDRADE, 2002).

Cuando el patógeno ha penetrado, las esporas cilíndricas producen hifas en espiral, estas esporas germinan y forman uno o dos tubos germinativos (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1988). Después de penetrar en el tejido, el patógeno crece en un comienzo intercelularmente y a medida que avanza la infección se vuelve intracelular (HOOKER, 1980; AGRIOS, 1996). Al mismo tiempo el patógeno secreta una sustancia que estimula a las células vivas en el entorno de la lesión, esta fitotoxina produce la proliferación, expansión y necrosis de las células del peridermo inmaduro de los tubérculos habiendo una correlación positiva entre la patogenicidad y la producción de la fitoxina conocida como Thaxtomin A (LAWRENCE *et al.*, 1990; RUSSELL *et al.*, 1991 ROSEANN *et al.*, 1996; LORIA *et al.*, 1997).

Las células corchosas sobresalen del tejido y el patógeno, crece y se multiplica en el tejido muerto, donde además se extienden las lesiones de la sarna (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1988).

La lesión va profundizando debido a que las células corchosas del cambium se van continuamente regenerando. Y las lesiones profundas se forman por el desarrollo de las continuas capas de corcho sobre la herida. La actividad meristemática cuando el tubérculo está en crecimiento es rápida y por consiguiente las lesiones tenderían a una mayor actividad y con ello se genera una lesión más profunda (HOOKER y PAGE, 1960).

DAVIS *et al.* (1974), reportó que sarna común es más severa en peridermos delgados y sugiere que peridermos gruesos están directamente relacionados con la resistencia de algunas variedades.

2.4.2.5 Hospederos. La papa es el huésped de mayor importancia económica que posee esta enfermedad (PURDUE UNIVERSITY, 2001). Puede afectar a remolacha (forrajera y azucarera), betarraga, rabanito, nabo, zanahoria, perejil, berenjena, cebollas, nabos, tulipanes, dalias, espinacas y algunas malezas (ANONIMO, 1988; APABLAZA, 2000; BOUCHEK-MECHICHE *et al.*, 2000).

2.4.2.6 Métodos de control de *S. scabies*. Una de las medidas de control es el uso de papa-semilla sana en la plantación, por lo tanto la desinfección de semilla es una práctica exitosa en el control de la enfermedad (WILSON *et al.*, 1999).

El riego, es otra práctica que minimiza el daño de la sarna común a los tubérculos. La humedad del suelo afecta la velocidad de infección, durante el período de tuberización hasta la maduración de las lenticelas, esto es aproximadamente de 5-8 semanas (LAPWOOD y HERING, 1970; DAVIS *et*

*al.*, 1974; LORIA *et al.*, 1997; WILSON *et al.*, 2001). El nivel de humedad requerido para inhibir la enfermedad es bastante variable dependiendo del tipo de suelo y el aislamiento del patógeno (WILSON *et al.*, 2001).

Las pérdidas, se reducen al aumentar la humedad del suelo, favorece a otros microorganismos antagonistas a sarna común, los que invaden las lenticelas antes que el agente patógeno (DAVIS *et al.*, 1976; ACUÑA y ANDRADE, 2002; WATERER, 2002). El control biológico de sarna común aparece con gran optimismo, aislamientos antagónicos de *Streptomyces*, que disminuyen la sarna y no afectan el rendimiento del cultivo. Este control se atribuye a la producción de metabolitos secundarios principalmente antibióticos, donde estos componentes son importantes para mejorar la condición altamente competitiva del patógeno en el suelo (ADAMS *et al.*, 1970; LORIA *et al.*, 1997).

Rotaciones de cultivo de 3 a 4 años con cultivos no susceptibles como alfalfa y cereales pueden reducir la población del patógeno y la incorporación de abono verde, permiten un equilibrio natural que es efectivo para el control de los patógenos del suelo (MEZIES, 1959; KIRK *et al.*, 2000).

2.4.2.7 Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa. Sarna común es un problema en todo el mundo, provocando efectos adversos en la apariencia y en la eficiencia en la industria (WATERER, 2002).

Causa indudables pérdidas económicas en plantaciones de papa, siendo la cuarta enfermedad más importante en Estados Unidos que afecta al cultivo. Debido al mal aspecto cosmético del tubérculo dificulta su comercialización. Su utilización en la industria también, se obstaculiza ya que se incurren en costos extras de pelado. Afecta también en la producción de papa semilla debido a que

el tubérculo enfermo es una fuente importante de diseminación del patógeno (LORIA *et al.*, 1997; LACEY y WILSON, 2001).

En Chile el patógeno es considerado como un problema eventual en el cultivo de la papa (APABLAZA, 2000), debido a que afecta la calidad estética del producto a pesar de no tener una mayor repercusión en el rendimiento comercial.

Sin embargo, CIAMPI (2002) considera que esta enfermedad constituye un desafío para la patología vegetal actual en Chile.

Los daños más severos están asociados a una pérdida en la posibilidad de comercializar, un notable incremento en el mal aspecto, tiene incidencia directa en el precio del producto (ANDRADE *et al.*, 2004).

**2.4.3 Sarna plateada, enfermedad causada por el hongo *Helminthosporium solani* Durieu y Mont.** Es común en muchos países donde se cultiva papa, se considera económicamente importante, ya que afecta la piel de los tubérculos, y se ha incrementado ostensiblemente en el tiempo (BOYD, 1972; FIRMAN y ALLEN 1993).

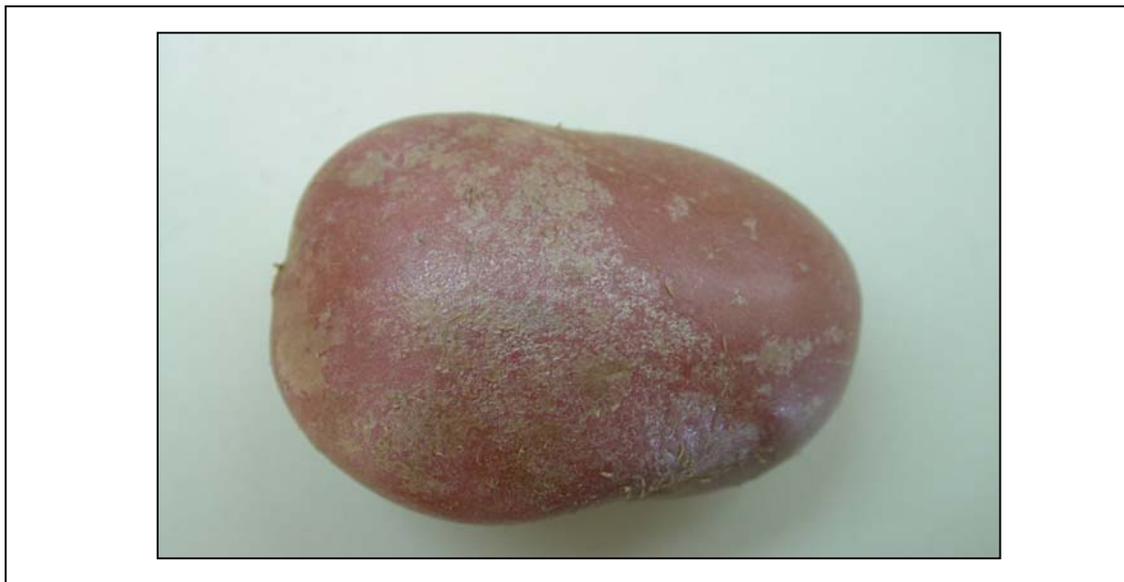
En Europa este incremento se atribuye a la falta de cultivares resistentes y al ineficiente control de la enfermedad (ERRAMPALLI *et al.*, 2001). En Chile es una de las enfermedades más comunes que se presenta sobre los tubérculos de papa (SAG, 2002).

HEINY y MCINTYRE, 1983 y ELSON *et al.* 1997, señalan que esta, es una enfermedad de almacenaje, sin embargo, la infección ocurre previo la cosecha.

La sarna plateada, fue descubierta en Austria 1781, pero el primer reporte de la enfermedad se realizó en Connecticut, Estados Unidos en 1908 (KIRAN *et al.*, s.f.).

2.4.3.1 Sintomatología de la enfermedad. Se presenta inicialmente en la zona distal del estolón, con pequeños puntos circulares de color castaño claro y márgenes definidos que coalescen hasta cubrir áreas considerables del tubérculo (SANZ, 1976; HOOKER, 1980; MERIDA *et al.*, 1994; ERRAMPALLI *et al.*, 2001). Además, las lesiones aumentan durante el almacenaje de los tubérculos (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

Las áreas afectadas presentan un brillo característico fácilmente observable cuando la superficie de los tubérculos esta húmeda (ver Figura 4). El color de la lesión puede oscurecerse con la edad, provocando una pigmentación completamente oscura del tubérculo, reduciendo considerablemente el valor comercial (JELLIS y TAYLOR, 1977; HOOKER, 1980; ERRAMPALLI *et al.*, 2001).



**FIGURA 3** Síntomas de sarna plateada.

FUENTE: UACH (2002 a).

Los síntomas aparecen solo en el tubérculo, no hay síntomas en raíces y follaje (BOYD, 1972; ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

Lesiones maduras pierden la capacidad de esporulación del hongo, lo que produce una moderada infección y pierden la habilidad de producir conidias (JELLIS y TAYLOR, 1977; HIDE y ADAMS, 1980; READ y HIDE, 1984; ERRAMPALLI *et al.*, 2001). En cambio lesiones jóvenes esporulan más copiosamente que lesiones mas antiguas y el grado de infección depende de la actividad de producción de las esporas (BOYD, 1972; READ y HIDE, 1984).

Las variedades de piel roja tienden a perder su pigmentación normal, producto de la desecación de las células y de la deposición de suberina, ocasionando pérdidas significativas en la calidad del tubérculo (HOOKER, 1980; MERIDA *et al.*, 1994; ELSON *et al.*, 1997; ERRAMPALLI *et al.*, 2001; SAG, 2002).

Si el área comprometida es muy extensa, los tubérculos pierden turgencia debido, a que células corchosas del peridermo se desprenden y causan un incremento en la permeabilidad del peridermo (HOOKER, 1980, MERIDA *et al.*, 1994; ELSON *et al.*, 1997).

2.4.3.2 Signos del patógeno. Pertenece a los hongos del tipo mitósporico con micelio hialino, septado, ramificado que toma una coloración oscura con la edad. Los conidióforos son cilíndricos, septados y sin ramificaciones, sobre las cuales se forman las conidias verticiladas a partir del extremo distal de las células. Las conidias tienen hasta 8 septos, son de color castaño oscuro, redondeado en la base y agudo en el vértice (LUTTRELL, 1964; SANZ, 1976; HOOKER, 1980; AGRIOS, 1997).

2.4.3.3 Epifitiología de la enfermedad. Las condiciones para que el hongo esporule, son de temperatura 2-27°C; bajo 8°C, se retarda el crecimiento del patógeno (BOYD, 1972; LENNARD, 1980; RODRIGUEZ *et al.*, 1996). La humedad relativa (HR) también influye en el desarrollo de *H. solani*, la esporulación es abundante entre 85-100% HR, el óptimo es de 90% y bajo 55%, se detiene el crecimiento (HOOKER, 1980; RODRIGUEZ *et al.*, 1996).

El incremento de la enfermedad continúa en almacenaje, bajo condiciones de alta temperatura y humedad, produciéndose además la infección de tubérculos sanos (LENNARD, 1980).

2.4.3.4 Ciclo de la enfermedad. *H. solani* es considerado un patógeno del suelo, pero sobrevive por períodos cortos, por ello cuando el inóculo está en el suelo puede provenir de cultivos anteriores de papa (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

HOOKER (1980); HIDE y ADAMS (1980); HIDE y BOORER (1991); FIRMAN y ALLEN (1995); RODRIGUEZ *et al.* (1996); ERRAMPALLI *et al.* (2001), señalan que la principal fuente de inóculo del patógeno es el tubérculo-semilla contaminado. Sin embargo, MERIDA y LORIA (1994), sugieren que el suelo es una fuente importante de inóculo, indicando la actividad saprófita del patógeno, que juega un rol importante en la infección.

El hongo entra por lenticelas o directamente a través de células del peridermo (BOYD, 1972; HOOKER, 1980).

El ciclo de la enfermedad tiene dos fases una en campo, que ocurre después de iniciada la tuberización y otra en almacenaje (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

Inicialmente son pocos los tubérculos afectados, el primer sitio de infección es el extremo del estolón. Los primeros en infectarse son aquéllos tubérculos en formación espacialmente más cerca al tubérculo-semilla y así ocurre la transferencia del patógeno a la progenie (BOYD, 1972; JELLIS y TAYLOR, 1977; FIRMAN y ALLEN, 1995; ERRAMPALLI *et al.*, 2001). El patógeno produce un gran número de conidias que germinan y colonizan el peridermo de los tubérculos (MERIDA *et al.*, 1994; FIRMAN y ALLEN, 1995).

La germinación de la conidia y la formación del apresorio duran alrededor de dos días (ERRAMPALLI *et al.*, 2001). Cinco días tarda para la penetración del peridermo, donde el apresorio produce hifas, estas penetran en la superficie del peridermo y crecen en la capa de células corchosas. Los conidióforos se desarrollan en la superficie de las hifas y tardan 8 días en germinar (HEINY y MCINTYRE, 1983). El micelio se desarrolla solamente en la capa que conforma el peridermo, invadiendo intercelularmente e intracelularmente.

Las lesiones se propagan rápidamente sobre el tubérculo después, de la plantación (HIDE y ADAMS, 1980). El peridermo infectado produce un colapso de las células dependiendo de que tan avanzada este la enfermedad. *H. solani* penetra en las células y causa la muerte por desecación (HEINY y MCINTYRE, 1983). Al romper el peridermo se generan cavidades o bolsas de aire formadas por la destrucción de las células de la pared. Estas secciones de aire entre el peridermo y el cortex causan la apariencia de plateado, síntoma característico de la enfermedad. Además, debajo de la peridermis se observa, desorganizada y flácida (HEINY y MCINTYRE, 1983).

También se ha señalado que se depositarían fitoalexinas y compuestos fenólicos en el peridermo que participarían en los síntomas del plateado. Ello debido a que enzimas degradan pigmentos del peridermo provocando el

colapso celular y la suberización en respuesta a la infección de *H. solani* (HEINY y MCINTYRE, 1983).

2.4.3.5 Hospederos. *H. solani* no ha sido encontrado en otros hospederos, y en papa solo afectando tubérculo (HOOKER, 1980).

2.4.3.6 Métodos de control de *H. solani*. Métodos culturales como rotación de cultivo, combinado con tratamientos químicos a la semilla y la fecha de cosecha, resultan adecuados para el control de esta enfermedad (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

También se indica que el riego disminuiría la severidad de la sarna plateada a la cosecha (FIRMAN y ALLEN, 1993; HIDE, 1987; ERRAMPALLI *et al.*, 2001), debido a que produce un lavado de las conidias de *H. solani* en la superficie del tubérculo y en el suelo. Esto reduciría la incidencia de sarna plateada en los tubérculos en formación y también en almacenaje (FIRMAN y ALLEN, 1993).

Otra alternativa que ha sido evaluada es el uso de controladores biológicos, pero los resultados no han sido consistentes. Se ha utilizado *Pseudomonas corrugata* que reduciría entre un 28-45%, el daño, también se menciona un micoparásito que podría reducir la propagación del patógeno en almacenaje y este es *Cephalosporium* sp. (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

Así también aislamientos de *Pseudomonas* sp y *Streptomyces* sp, patogénicos podrían disminuir sarna plateada y esto se debería a la producción de metabolitos secundarios que inhibirían el crecimiento del patógeno (ELSON *et al.*, 1997).

2.4.3.7 Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa. Esta enfermedad ha alcanzado una gran importancia económica debido a que afecta la calidad cosmética, del producto ya sea, en el consumo directo, en la producción de papa-semilla y es rechazada por la industria aumentando drásticamente los costos del proceso (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

En Inglaterra se ha presentado este patógeno en el 90% de los tubérculos muestreados (READ *et al.*, 1995). Así también en algunas zonas de USA, en la década de los 90, el 61% de la cosecha de papas estaba afectada con *H. solani*, por lo que concluyeron que el inóculo estaba en forma natural en el suelo (ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

En Chile es el hongo que más incidencia ha tenido en los últimos años sobre papa, y ha pasado de ser un agente intrascendente a uno de gran relevancia (UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH), 2002 b).

Afecta la calidad del tubérculo, los síntomas se hacen más evidentes en cultivares de piel roja y cuando los tubérculos son comercializados principalmente, libres de restos de suelo (UACH, 2002 b).

Infecciones fuertes de sarna plateada sobre la piel de los tubérculos tienen dos efectos; el primero es la pérdida de agua por un exceso de transpiración y segundo disminuye su capacidad reproductiva al emitir brotes mas débiles lo que imposibilita el uso como tubérculo-semilla (READ y HIDE, 1984; CIAMPI, 2002).

Hace pocos años esta enfermedad era muy escasa en el sur de Chile; sin embargo, en las prospecciones que se han hecho en los últimos años se ha encontrado tubérculos de papa fuertemente atacados (ANDRADE *et al.*, 2004).

**2.4.4 Sarna polvorienta, enfermedad causada por el hongo *Spongospora subterranea* Wallr.** Enfermedad importante en papa que causa pérdidas significativas en la producción de papa-semilla (VAN DE CRAAF *et al.*, 2005). Afecta la piel de los tubérculos y su importancia se ha incrementado en los últimos años (HARRISON *et al.*, 1997).

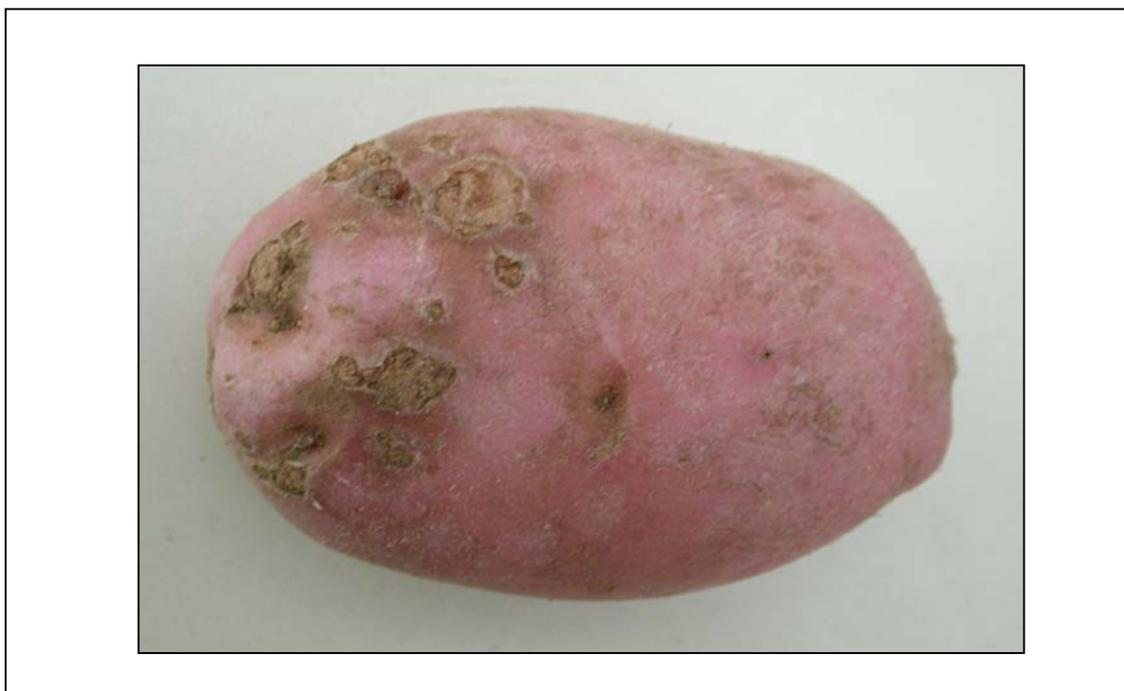
Los primeros reportes se encontraron en Alemania en el año 1841 posteriormente fue reportada en varios países de Europa, para finalmente en 1913 ser encontrada en América del Sur (HARRISON *et al.*, 1997).

En Chile, fue citada por primera vez por Mujica en 1938, cuando se informó que en Llanquihue y Chiloé había ocurrido un ataque muy intenso (MONTALDO, 1984).

*S. subterranea* es vector del virus Mop-Top de la papa el que forma anillos sobresalientes en los tubérculos de papa (HARRISON *et al.* 1997; BIRGITTE *et al.*, 2002).

2.6.4.1 Sintomatología de la enfermedad. La enfermedad afecta raíces, estolones y tubérculos, pero no afecta al follaje (HARRISON *et al.*, 1997; SAG, 2002; TORRES, 2002 b).

Los primeros síntomas son en los ojos de tubérculos, donde las lesiones tiene un color café-púrpura, redondas e hinchadas de aproximadamente 2 cm de diámetro y frecuentemente en tubérculos en formación (ver Figura 5) (HARRISON *et al.*, 1997). En tubérculos enfermos muestran pústulas que son inicialmente lisas, de color blanquecino de 2 a 3 mm de diámetro, que se extienden lateralmente debajo del peridermo formando lesiones levantadas. (HOOKER, 1980 y TORRES, 2002 b).



**FIGURA 4 Síntomas de sarna polvorienta.**

FUENTE: UACH (2002 a).

Las raíces de plantas enfermas muestran agallas o tumores lisos, de 0.5 a 1.5 cm de tamaño y de forma más o menos irregular; al inicio los tumores son de color blanquecino y cuando alcanzan la madurez fisiológica se vuelven oscuros (TORRES, 2002 b).

En estolones la infección ocurre paralelamente a la infección de las raíces y los síntomas son similares, pero las agallas son más pequeñas. Los síntomas son severos en la zona distal del estolón. Agallas en las raíces pueden provocar la muerte de plantas en crecimiento (HARRISON *et al.*, 1997).

Lesiones maduras se vuelven más profundas, tienen un margen definido y poco aumentan en superficie. En lesiones maduras forma tumores que en infecciones severas pueden cubrir la totalidad del tubérculo (HARRISON *et al.*, 1997).

2.6.4.2 Signos del patógeno. La estructura de resistencia del hongo se conoce como quistosoros, que son masas de esporas ovoides irregulares o alargados, formadas por un conglomerado de esporas en receso fuertemente aglutinadas (HOOKER, 1980; HARRISON *et al.*, 1997).

Las esporas de receso son pequeñas y de color amarillo-marrón, contienen las zoosporas las que tienen dos flagelos de tamaño diferente, con los cuales se movilizan en presencia de una película de agua existente en el suelo hasta alcanzar al hospedero (TORRES, 2002 b; VAN DE CRAAF *et al.*, 2005).

2.6.4.3 Epifitiología de la enfermedad. Se considera que las temperaturas del suelo óptimas para el desarrollo son de 14-18°C, debido a que las esporas son mas activas a esta temperatura (VAN DE CRAAF *et al.*, 2005). Además el mínimo de temperatura es de 9°C y máximo de 22-25°C, que favorecen la infección de *S. subterranea* (DIRIWACHTER y PARBERY, 1991; HARRISON *et al.*, 1997; VAN DE CRAAF *et al.*, 2005). Por sobre los 21°C se producen muy pocos daños del patógeno al hospedero (HARRISON *et al.*, 1997).

Las precipitaciones durante la tuberización favorecen el desarrollo de sarna polvorienta. Incrementándose la enfermedad en los primeros estados de crecimiento, posteriormente la susceptibilidad va decreciendo (HARRISON *et al.*, 1997).

La severidad de sarna polvorienta esta asociada a suelos fríos y húmedos. Y la enfermedad aumenta con la altitud y bajas temperaturas (HARRISON *et al.*, 1997).

Otras condiciones como bajos niveles de oxígeno en el suelo, retrasan el crecimiento del tubérculo e incrementan el período de susceptibilidad a la

infección de *S. subterranea*, así también suelos mal drenados, son condiciones que están relacionadas con la incidencia de sarna polvorienta. La compactación del suelo, es una importante causa del mal drenaje que aumenta la incidencia de sarna polvorienta (HARRISON *et al.*, 1997).

2.6.4.4 Ciclo de la enfermedad. Este hongo es un parásito obligado, aún cuando puede permanecer en el suelo como espora o como quiste, solo puede reproducirse y desarrollarse en un limitado rango de hospederos (AGRIOS, 1996; HARRISON *et al.*, 1997). El patógeno puede permanecer por más de seis años en el suelo (ADAMS *et al.*, 1987; HOOKER, 1980). Además este patógeno puede estar presente en el estiércol de animales, lo que crea una fuente de diseminación (HARRISON *et al.*, 1997).

El inóculo se disemina por el viento y por los tubérculos portadores de esporas (HOOKER, 1980).

La infección de los tubérculos se produce a través de lenticelas, heridas y con menor frecuencia a través de los ojos (HOOKER, 1980).

Altos niveles de agua y bajas temperaturas estimulan la infección de la zoosporas ya que períodos cortos de saturación del suelo conducen a un mayor desarrollo del patógeno. Los poros del suelo, llenos de agua facilitan en movimiento de la zoospora al hospedero (HARRISON *et al.*, 1997). La infección se observa dos semanas después de la plantación (TAYLOR *et al.*, 1986; HARRISON *et al.*, 1997).

Las masas de esporas o quistosoros se conservan en el suelo y son estimuladas por la presencia de raíces del hospedero germinan produciendo zoosporas primarias, la que ingresan a las células epidérmicas de las raíces, estolones y pelos radicales, donde se producen plasmodios multinucleados que

originan las zoosporas secundarias. Estas últimas diseminan la infección hacia los tubérculos y raíces, las células del hospedero son estimuladas por la invasión de las zoosporas secundarias, se agrandan y se multiplican formándose de esta manera en agallas (HOOKER, 1980; DIRIWACHTER y PARBERY, 1991).

Las agallas coalescen y forman áreas de infección más grandes, hasta abarcar una buena parte de la superficie del tubérculo. Cuando las agallas alcanzan la madurez, el peridermo que encierra los quistosoros, se rompe por la presión y libera los esporangios en receso (TORRES, 2002).

Los resultados de las investigaciones de VAN DE CRAAF *et al.* (2005), muestran que no hay una relación entre la cantidad de inóculo (quistosoros) en el suelo y la severidad de la infección de la enfermedad. Ya que niveles muy bajos de quistosoros en el suelo pueden causar grandes infecciones. Estos concluyeron que los niveles del inóculo en el suelo no son tan importantes, sino más bien, las condiciones ambientales son las que definen la severidad del patógeno.

2.6.4.5 Hospederos. Los principales hospederos en que se ha encontrado en papa, tomate, remolacha, cebada y también en otras *Solanaceas* y *Chenopodiaceas* (HARRISON *et al.*, 1997).

2.6.4.6 Métodos de control de *S. subterranea*. Se sugiere que no regar en los primeros estados de crecimiento podría tener un efecto de control (HARRISON *et al.*, 1997).

No existe un control efectivo para este patógeno, pero existen estrategias que pueden minimizar los daños que provoca la enfermedad (HARRISON *et al.*, 1997).

2.6.4.7 Importancia económica de la enfermedad en tubérculos de papa. Sarna polvorienta se ha vuelto importante en los últimos años. Esto se atribuye al gran número de variedades de papa que han aparecido recientemente y particularmente susceptible a esta enfermedad (HARRISON *et al.*, 1997).

Causa un daño cosmético en los tubérculos lo que dificulta su comercialización. Esta enfermedad puede tener importantes efectos en la exportación, particularmente en el comercio de papa-semilla (HARRISON *et al.*, 1997).

Hace pocos años esta enfermedad era muy escasa en el sur de Chile, sin embargo, en las prospecciones que se han hecho en los últimos años se ha encontrado tubérculos de papa fuertemente atacados (ANDRADE *et al.*, 2004).

### 3 MATERIAL Y METODO

El estudio consistió en evaluar la incidencia de enfermedades de la piel en tubérculos de papa, al dejar 120 días los tubérculos en el suelo posterior a su madurez fisiológica.

A continuación se describe detalladamente el establecimiento y evaluación del ensayo.

#### 3.1 Materiales.

Los materiales que formaron parte del estudio, se agruparon, en los utilizados en campo y en las evaluaciones.

**3.1.1 Tubérculo-semilla.** El tubérculo-semilla utilizado corresponde al cv. Desirée, se plantaron 135 tubérculos-semilla sanos y 135 con costra negra. Estos últimos seleccionados con más de un 10% de la superficie del tubérculo afectado con esclerocios del patógeno.

Los tubérculos se obtuvieron de la Estación Experimental Santa Rosa, de los ensayos correspondientes al material del Proyecto Fondo SAG 24-10-100 “Diseño de una estrategia de control integrado orientada a incrementar la calidad fitosanitaria del cultivo de la papa en la región sur de Chile”, específicamente de ensayos correspondientes a evaluar a costra negra, este material fue obtenido inicialmente de Semillas SZ.

**3.1.2 Materiales de cosecha.** Se utilizaron azadones, baldes y mallas de 10 kg.

**3.1.3 Materiales de evaluación.** Se pesaron los tubérculos en una balanza digital de tres dígitos de precisión. Para separar el material comercial del desecho por calibre, se utilizó la escala de medición del diámetro Maat werk (Nak-agro Emmeloord Holland Nederland) y para la evaluación de las enfermedades sarna común, sarna plateada y costra negra se usó las escalas del GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND FOOD, (1979). La escala de evaluación para sarna polvorienta fue modificada de la escala original del GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND FOOD, (1979); esta nueva escala de evaluación fue diseñada por el equipo de investigadores del Proyecto Fondo SAG 24-10-100 (Anexos 2, 3, 4, 5).

**3.1.4 Almacenaje de papas cosechadas.** Las papas cosechadas fueron almacenadas durante el período de evaluación en cámara de frío a  $4 \pm 0,5^{\circ} \text{C}$ , donde permanecieron alrededor de 10 días, por época de cosecha.

**3.1.5 Datos climatológicos.** Fueron proporcionados por la Estación Climatológica “Teja” perteneciente al Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile. Los datos corresponden a la media histórica que posee el instituto y los correspondientes a octubre-diciembre del año 2003 y enero-julio del año 2004. Se solicitaron datos de temperatura mensuales correspondientes a media, máxima y mínima, y humedad relativa (Anexo 1).

## **3.2 Método.**

La metodología que se utilizó, se clasificó en tareas previa plantación, diseño del experimento y evaluación de los tubérculos de papa.

**3.2.1 Ubicación del ensayo.** Se estableció el ensayo en la Estación Experimental Santa Rosa, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la

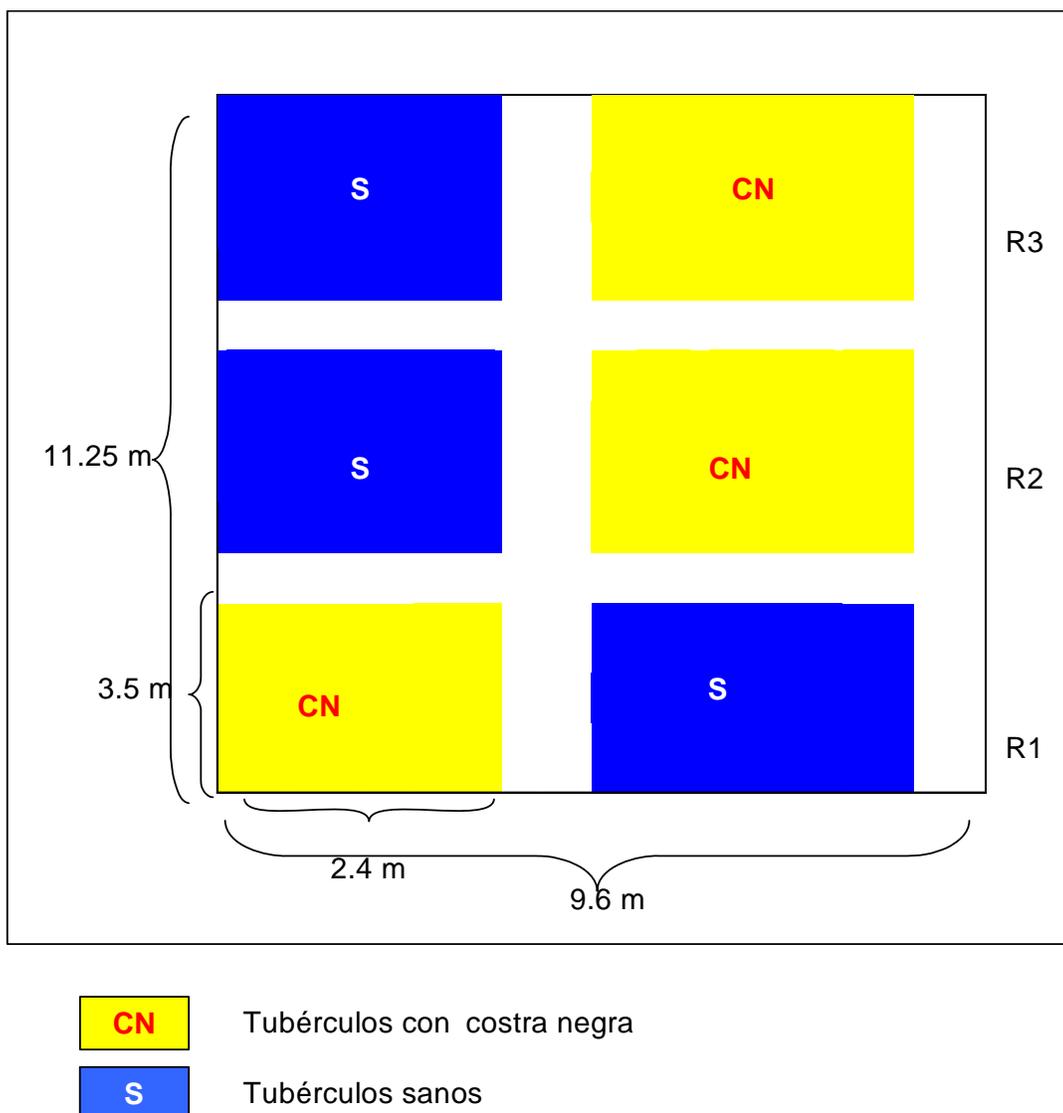
Universidad Austral de Chile. El suelo en que fue establecido corresponde a la serie Valdivia.

**3.2.2 Labores agrícolas previa plantación.** En otoño del año 2003, se realizó la preparación de suelo, que consistió en una aradura profunda y posteriormente rastrajes, así también se incorporó cal al suelo, llegando a un pH de 6.2 previo establecimiento. Posterior a esta labor se procedió a sembrar avena cv. Nehuen, la que fue incorporada en el mes de agosto 2003, previo a la plantación de los tubérculos.

La plantación se realizó, el 6 de octubre 2003, se fertilizó, previo a la plantación con urea 135 kg/ha, muriato de potasio 80 kg/ha, super fosfato triple 200 kg/ha. Se realizó control de malezas y control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

**3.2.3 Diseño del ensayo.** El diseño del ensayo (Figura 6) consistió en tres hileras de 15 tubérculos cada una, con tres repeticiones. La distancia entre hilera fue de 0.8 m y sobre la hilera de 0.25 m con una superficie total del ensayo de 50.4 m<sup>2</sup>. Se emplearon 135 tubérculos-semilla sanos y 135 con costra negra.

3.2.3.1 Diseño experimental. Este corresponde a un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones. En este caso los tratamientos se aplican a grupos homogéneos de unidades experimentales.



**FIGURA 5** Diseño del experimento.

**3.2.4 Fechas de cosecha.** En cada cosecha se eliminó una planta cabecera para evitar el efecto borde, por lo tanto se consideraron 13 plantas por hilera para la evaluación. En la primera época de cosecha se partió con la cosecha de la hilera central, para la 2da y 3era época se continuó con las hileras laterales. Se mantuvo el follaje hasta que se seco completamente en forma natural.

La primera cosecha de los tubérculos se realizó el 15 de marzo de 2004, posteriormente a los 60 días, el 19 mayo de 2004, la segunda y a los 120 días el 13 de julio de 2004, la tercera cosecha.

**3.2.5 Evaluación de los tubérculos.** En las fechas ya señaladas se realizaron las evaluaciones de cada tratamiento, donde por cada época la duración de la evaluación fue de alrededor de 10 días.

Los tubérculos se lavaron cuidadosamente con agua corriente y se seleccionaron en categorías de desecho y comerciales. Se consideró desecho a todo aquello menor de 3 cm de diámetro, además de los que presentaban algún porcentaje de pudrición, deformes y con daños mecánicos, el resto correspondió a papa comercial.

Para costra negra se evaluaron y analizaron tubérculos provenientes de tubérculo-semilla sana y con costra negra.

En el caso de sarna común, sarna plateada y sarna polvorienta se evaluaron y analizo solamente el material proveniente de tubérculo-semilla sano.

Cada tubérculo se analizó individualmente cuatro veces, utilizando las escalas de cada una de las enfermedades, para determinar la cobertura de estas, a través de síntomas y signos.

**3.2.6 Parámetros a evaluar.** Los parámetros a evaluar en el ensayo corresponden al peso de los tubérculos, clasificado según la cobertura de cada enfermedad, utilizando las escalas de incidencia respectivas.

**3.2.7 Análisis estadísticos.** Para las cuatro enfermedades de la piel los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA). Para costra

negra se consideraron como factores época de cosecha, sanidad del tubérculo en la plantación e incidencia de la enfermedad.

Para sarna común, sarna plateada y sarna polvorienta se consideró el factor época de cosecha e incidencia de la enfermedad.

La variable dependiente correspondió al peso de los tubérculos expresado, como rendimiento comercial en t/ha y como incidencia de las enfermedades en kg. Los datos fueron transformados, para cumplir con la prueba de homogeneidad de varianzas y se utilizó la transformación de  $\sqrt{X + 1}$ .

En el caso de encontrar diferencias significativas o altamente significativas se utilizó la prueba de rango múltiple Tukey ( $p = 0,05$ ). Para realizar los análisis estadísticos se empleó el programa computacional Statgraphics Plus 5.0.

## 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSION RESULTADOS

En Chile, en los últimos años se ha producido un incremento significativo de las enfermedades de la piel, causando pérdidas importantes en rendimiento y calidad.

Esta investigación permitió evaluar la incidencia de las enfermedades de la piel al permanecer los tubérculos en el suelo, después de haber alcanzado la madurez fisiológica, con el fin de diseñar métodos de control eficientes que puedan reducir los daños ocasionados por estas enfermedades. Con el principal objetivo de adaptarse a los altos estándares de calidad cosmética y sanitaria que impone el mercado.

### **4.1 Evaluación del desecho y el rendimiento comercial total en tres épocas de cosecha.**

En el Cuadro 1 se muestran los resultados totales de la investigación en donde se evaluaron 1357 tubérculos comerciales y 312 correspondientes al desecho. En relación al rendimiento total se evaluaron 164 kg de tubérculos de papa cv. Desirée, de ello el 88,6% correspondió al rendimiento comercial total y un 11,3% a lo evaluado como desecho.

**CUADRO 1 Tubérculos de papa clasificados en comercial y desecho, para tres épocas de evaluación.**

Epoca de cosecha	Rendimiento comercial		Desecho	
	Número tubérculos	Peso (kg) tubérculos	Número tubérculos	Peso (kg) tubérculos
15 de marzo 2004	454	51,02	39	4,14
19 de mayo 2004	428	45,78	150	7,76
13 de julio 2004	475	48,58	123	6,75
Total	1357	145,3	312	18,66

En el Cuadro 2, se aprecia que el rendimiento comercial y el desecho por hectárea ambos, tienden a incrementarse con el retraso de la cosecha.

Esta tendencia al incremento del desecho se atribuye principalmente a costra negra, el cual provocó un aumento en los tubérculos deformes, incrementando así el desecho.

**CUADRO 2 Estimación del rendimiento comercial total (t/ha) y el desecho, utilizando tubérculo-semilla sano, en tres épocas de cosecha.**

Épocas de cosecha	Rendimiento comercial (t/ha)	Desecho (t/ha)
1era época	39	2
2da época	37	4
3era época	44	5

Tal como señala BANDY y TAVANTZIS (1990) y BANVILLE *et al.* (1996), los daños ocasionados por costra negra están relacionados principalmente con la reducción del rendimiento comercial, debido a la presencia de esclerocios que inciden en el desarrollo de tubérculos deformes,

produciéndose un cambio en la distribución del tamaño inclinándose a un exceso de tubérculos largos y pequeños, aumentando con ello el desecho.

Según BRIEN y ALLEN (1992); FIRMAN y ALLEN, (1995) y WATERER (2002) para incrementar el rendimiento comercial se debe alargar el período vegetativo del cultivo y retrasar la cosecha. El incremento del rendimiento en el período de estudio, se explica debido a que en la primera cosecha todavía se observaban plantas amarillas, las que continuaron acumulando material seca, con ello un incremento en el rendimiento comercial al permanecer en el suelo<sup>1</sup>.

#### **4.2 Evaluación de la incidencia de costra negra en tubérculos de papa cv. Desirée.**

A continuación se explican los resultados obtenidos sobre la incidencia de costra negra utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación para tres períodos de cosecha.

**4.2.1 Evaluación del rendimiento comercial de tubérculos sanos a costra negra, considerando la sanidad a la plantación y la época de cosecha.** El Cuadro 3, muestra el rendimiento comercial promedio (t/ha), de tubérculos con 0% de incidencia de costra negra, en las tres épocas de estudio. Se puede inferir de ello, que la época de cosecha no incide sobre la incidencia de la enfermedad.

Estos resultados no concuerdan con lo que señalan algunos investigadores como SPENCER y FOX, (1979) y JOHNSON y LEACH (2004) quienes encontraron, que el desarrollo de la infección depende de la fecha de cosecha, y donde la formación de los esclerocios está relacionado directamente con el tiempo de cosecha y la permanencia de los tubérculos en el suelo.

---

<sup>1</sup> CONTRERAS, A. Ing. Agr. Prof. Universidad Austral de Chile. Comunicación personal.

**CUADRO 3 Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a costra negra, utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, para tres épocas de cosecha.**

Epoca de cosecha	Tubérculos sanos (t/ha)	Tubérculos con costra negra (t/ha)
1era época cosecha	35,2 A a	20,6 B a
2da época cosecha	33,4 A a	16,5 B a
3era época cosecha	43,2 A a	18,3 B a

Letras mayúsculas distintas en la fila (sanidad del tubérculo en la plantación) indican diferencias estadísticamente altamente significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Letras minúsculas iguales en las columnas (época de cosecha) indican que no hay diferencias estadísticas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

La situación cambia, al analizar el factor sanidad del tubérculo en la plantación (Cuadro 3), debido, a que se presentan diferencias altamente significativas. En todas las épocas. estas diferencias son claras, al analizar la 1era época de cosecha en el rendimiento comercial al utilizar tubérculo-semilla sano en la plantación versus el rendimiento comercial alcanzado con tubérculo-semilla enfermo en la plantación. En la 2da época se registró el menor rendimiento comercial al utilizar papa-semilla enferma y este fue de 16.5 t/ha, presentándose una tendencia a la baja del rendimiento.

Estos resultados se atribuyen, que al utilizar tubérculo-semilla infectado como se puede apreciar en el Cuadro 4 hay una baja importante en el número de tubérculos cosechados al final del estudio.

Además este patógeno provocó un cambio en la distribución del tamaño de los tubérculos cosechados generándose principalmente deformaciones en las papas (Figura 6).

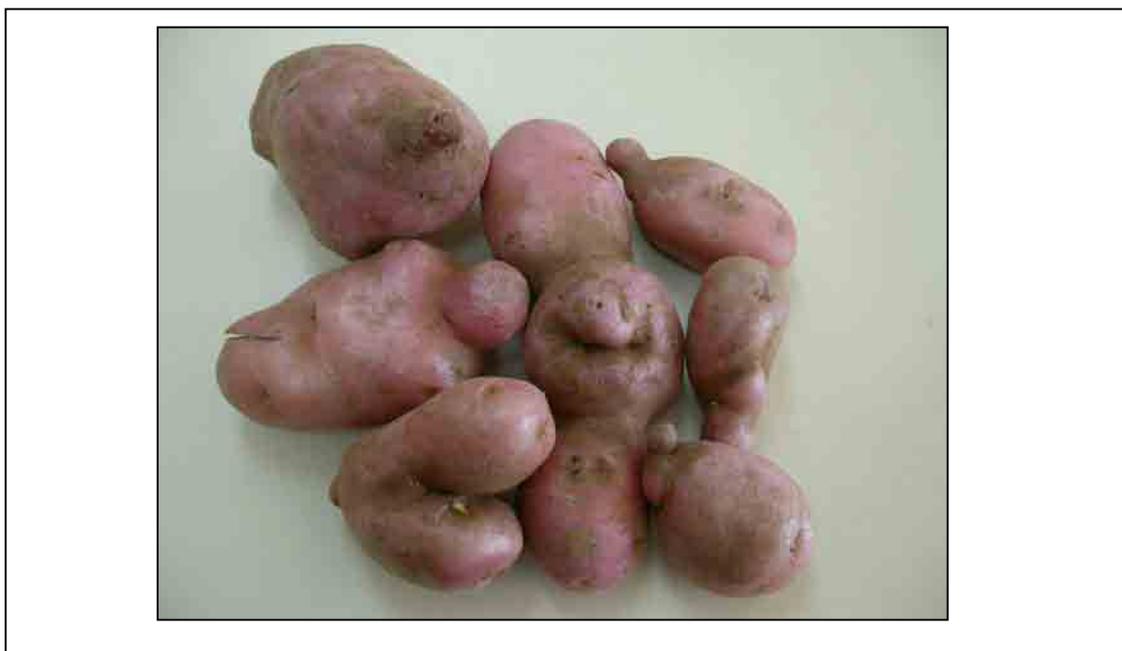
Del Cuadro 3 y 4 se desprende que la sanidad del tubérculo en la plantación altamente significativa, lo que indica que al utilizar tubérculo-semilla con costra negra aumenta la severidad de la enfermedad, en las papas evaluadas.

**CUADRO 4 Promedio del número de tubérculos cosechados en el ensayo, utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación.**

Época de cosecha	Tubérculo-semilla sano	Tubérculo-semilla con costra negra
1era época	100	51
2da época	92	50
3era época	107	51

GUDMESTAD *et al.* (1979), señalan que la respuesta sobre el uso de tubérculo-semilla infectado con *R. solani* es bastante variable, hay reportes que indican que un incrementó en la cantidad de esclerocios presentes en los tubérculos, aumentan significativamente la severidad de la enfermedad en tallos y estolones.

En cambio otros estudios sugieren que los esclerocios en la superficie del tubérculo, no incrementa la severidad de costra negra, debido a que los esclerocios son débilmente patogénicos y no juegan un rol importante en el desarrollo de la enfermedad (GUDMESTAD *et al.*, 1979).



**FIGURA 6** Efecto de *R. solani* sobre tubérculos de papa cv. Desirée.

FUENTE: UACH (2002 a).

GUDMESTAD *et al.* (1979) y HOOKER (1980) indican que en pruebas de patogenicidad de los esclerocios aislados, solo una pequeña fracción tiene el potencial de ser patogénico. Por lo tanto, un gran número de esclerocios en el tubérculo-semilla puede no significar una fuente importante de inóculo. Por el contrario, un menor porcentaje de cobertura de esclerocios germina y produce un crecimiento agresivo que infecta, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables al patógeno.

Por otro lado SIMONS y GILLIGAN (1997) indican que existe una clara evidencia de la importancia del tubérculo-semilla infectado en el desarrollo de canchales en plantas de papas, ya que grandes niveles de inóculo, la incidencia y severidad es extremadamente alta. Y por consiguiente producen una marcada disminución en número de tallos, estolones y tubérculos.

El efecto de *R. solani* se produce en estados específicos del crecimiento del cultivo y está dominada por la densidad del inóculo en el tubérculo-semilla, directamente influenciado por las condiciones ambientales y las prácticas agronómicas que se realicen (SIMONS y GILLIGAN, 1997).

Las pérdidas en el rendimiento comercial total ocasionadas por tubérculo-semilla con costra negra se aprecia en el Cuadro 5 que claramente se observa el efecto de este patógeno sobre el rendimiento del cultivo. Sobre la base de estos antecedentes es necesario indicar la relevancia del uso de tubérculo-semilla sano en la plantación ya que es evidente el daño provocado en el rendimiento comercial.

**CUADRO 5 Pérdidas (%) del rendimiento comercial ocasionada por el uso de tubérculo-semilla con costra negra en la plantación, para tres épocas de cosecha.**

Epoca de cosecha	% de pérdida
1era época cosecha	58,5
2da época cosecha	49,4
3era época cosecha	42,3

En relación a las pérdidas ocasionadas por *R. solani* las opiniones no son claras, algunos autores como JAMES y McKENZIE (1972) indican que pérdidas en rendimiento se estimaron entre 5-7% para aquellos tubérculos afectados en la categoría severo a moderado y un 3% para aquellos tubérculos afectados con una menor infección. Para otros como BANVILLE *et al.* (1996), las pérdidas del rendimiento comercial pueden llegar al 30%, siendo más común encontrar pérdidas del orden de un 10-15%.

Sin embargo, estas pérdidas estarán relacionadas con el objetivo productivo del cultivo, ya que si los tubérculos son comercializados como

producto fresco, el daño que ocasiona el patógeno será menor y solo será cosmético, en cambio si los tubérculos son destinados para la producción de papa-semilla, el porcentaje de pérdida adquiere una mayor relevancia, por constituir una fuente importante de inóculo, para la diseminación del hongo.

Pero sin lugar a dudas, como indica WEINHOLD *et al.* (1982), hay un efecto consistente en el porcentaje de tubérculos comerciales. Cuando la severidad de la enfermedad se incrementa, el rendimiento comercial disminuye y aumenta el desecho.

**4.2.2 Incidencia de *R. solani* en tubérculos de papa, al usar tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, en tres épocas de cosecha.** Bajo condiciones de campo se pudo establecer que se presentan diferencias en la incidencia de la enfermedad evaluada en 5,10, 25%, al utilizar tubérculo-semilla sano o con costra negra, en las épocas de cosecha.

Lo anterior se puede observar del Cuadro 6, donde tubérculos plantados con costra negra aumentan la incidencia del patógeno. En la 1era y 2da época de cosecha aparecen más tubérculos con 5% y 10% de superficie cubierta por esclerocios. Sin embargo, esta enfermedad no aumentó más allá de un 10% de incidencia, en el período de estudio, considerando además que el cv. Desirée, es medianamente resistente a este patógeno. Estos resultados son posibles de ver en el análisis de varianza donde el factor sanidad presenta diferencias significativas y para la interacción de sanidad e incidencia de la enfermedad, se registraron diferencias altamente significativas, lo que indica la relación de la sanidad de los tubérculos a la plantación con la cobertura del patógeno en los tubérculos.

DIJST (1985) señala que en la estación de crecimiento del cultivo la cantidad de esclerocios producidos por *R. solani* se incrementa gradualmente

en la superficie del tubérculo, aumentado la propagación después de muerto el follaje de la planta. Para la formación de esclerocios en la piel del tubérculo se necesitan condiciones ambientales predisponentes para el desarrollo del hongo, estas son de alta humedad relativa y una temperatura de 12,2-18,2°C (CARLING y LEINER, 1990).

**CUADRO 6 Efecto de la sanidad del tubérculo-semilla y la época de cosecha en la incidencia de costra negra.**

Epoca de cosecha	Sanidad tubérculo	Rendimiento en t/ha clasificado según (%) cobertura del patógeno		
		5%	10%	25%
1era época	Sano	3,8 B a	0,0 A b	0,0 A b
	Costra negra	11,2 A a	0,0 B b	0,0 B b
2 da época	Sano	3,2 B a	0,0 A b	0,0 A b
	Costra negra	8,9 A a	1,4 B b	0,0 B b
3 era época	Sano	0,6 B a	0,0 A b	0,0 A b
	Costra negra	5,3 A a	0,0 B b	0,0 B b

Letras mayúsculas distintas en las columnas (sanidad del tubérculo en la plantación) indican diferencias estadísticas significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Letras minúsculas distintas en las filas (incidencia de la enfermedad) indican diferencias estadísticas altamente significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Las condiciones ambientales durante el crecimiento del cultivo, se asemejan a las indicadas como ideales para el desarrollo del hongo; la temperatura mínima fue de 9°C, temperatura media 15°C y máxima 24°C. En relación a la humedad relativa en las tres épocas de cosecha fue superior al 70% y se incrementó con la cosecha tardía como era de esperar debido al

cambio de estación el paso de verano a otoño. Bajo estas circunstancias, el patógeno se desarrollaría en óptimas condiciones.

DIJST (1985) demostró que la cantidad de esclerocios sobre los tubérculos está directamente influenciado por factores del tubérculo. Estos factores pueden ser, cambios cuantitativos y cualitativos en componentes disponibles en la superficie del tubérculo, lo que causa un incremento en la cantidad de esclerocios después de la destrucción del follaje. Estos componentes pueden estar presentes en el peridermo y pueden ser exudados volátiles o acuosos del tubérculo. Sin embargo, estos compuestos no han sido identificados, lo que sí se ha señalado, que aumentaría considerablemente en la senescencia de la planta.

Estudios posteriores de este investigador sugieren que cambios en el peridermo y/o exudados del tubérculo, probablemente aceleran la maduración del tubérculo. En el desarrollo de costra negra se menciona que hay un cambio en la fisiología que induce a un menor flujo de carbohidratos de las raíces al follaje (DIJST *et al.*, 1986). La muerte del follaje afecta procesos donde puede incrementarse la disponibilidad de nutrientes o componentes del estrés que estimularía el crecimiento y maduración de los esclerocios (DIJST, 1988). Observaciones posteriores del autor antes mencionado, demostraron que el contacto entre las hifas y la superficie del tubérculo son necesario para el inicio de la formación de los esclerocios. La pigmentación de las hifas y esclerocios que crecen en el tubérculo, parece ser dirigida por componentes volátiles inestables que podrían ser exudados o productos descompuestos de estos (DIJST, 1990)

La producción de esclerocios se inhibe cuando los tallos están verdes y los tubérculos están en crecimiento. Se ve ligeramente estimulado cuando los tallos comienzan a tornarse amarillos y se ha detenido el crecimiento de los

tubérculos y se acelera significativamente cuando el tubérculo madura (DIJST, 1990).

En base a estos antecedentes es posible comprender el aumento de cobertura de esclerocios en tubérculos en el período de estudio, hasta la 2da época de cosecha, esto sería producto según como lo señalan JAGER *et al.* (1991); GUDMESTAD *et al.* (1979), sobre la relación entre tubérculos cosechados y el lapso de tiempo entre la muerte del follaje y la cosecha. Siendo el máximo tiempo de formación de esclerocios usualmente observado de 4-7 semanas desde muerto el follaje a la cosecha y no se incrementa significativamente después de esto, lo que indica que no existan mayores diferencias entre las épocas de cosecha del estudio y el porcentaje de incidencia del hongo, esto avalado por el análisis de varianza que indica que el factor época no presenta diferencias significativas tanto como factor ni tampoco la interacción entre la época y la incidencia de la enfermedad.

Para el estudio, estos resultados ofrecen algunas explicaciones sobre el incremento de costra negra desarrollado después de muerto el follaje. Aparentemente la estimulación de sustancias volátiles, por exudados del tubérculo que probablemente se vuelven efectivas después de muerto el follaje.

#### **4.3 Evaluación de la incidencia sarna común en tubérculos de papa cv. Desirée.**

A continuación se indican los resultados obtenidos sobre la incidencia de sarna común sobre tubérculos cosechados, en tres épocas.

**4.3.1 Evaluación del rendimiento comercial de tubérculos sanos a sarna común, en tres épocas de cosecha.** En el Cuadro 7, se puede observar el rendimiento comercial que se obtuvo libre de sarna común; de esto se desprende que existe una clara tendencia a la baja del rendimiento comercial

sin sarna común al realizar cosechas tardías y un incremento en la incidencia a través del tiempo.

Esta tendencia al incremento en el tiempo de sarna común, se debe a que el cv. Desirée es considerado muy susceptible a esta enfermedad.

**CUADRO 7 Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a sarna común, en tres épocas de cosecha.**

Epoca de cosecha	Tubérculos sanos (t/ha)
1era época cosecha	30,7 a
2da época cosecha	27,6 a
3era época cosecha	22,9 a

Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Los factores medio ambientales inciden directamente en el desarrollo de *S. scabies*; así por ejemplo LORIA *et al.* (1997) y BOUCHEK-MECHICHE *et al.* (2000), señalan que esta bacteria se desarrolla en forma óptima a temperaturas de 19-24°C, con una mínima y máxima de 8°-38°C, incrementado su severidad al aumentar la temperatura. Requiere bajos niveles de humedad en el suelo y pH de 6.0-6.5 (ADAMS *et al.* 1970).

Según LORIA *et al.* (1997); KIRK *et al.* (2000) los tubérculos de papa son más susceptibles a la infección en el inicio de la tuberización, comprendiendo entre la sexta y octava semana de crecimiento. Las condiciones ambientales que predominaron en noviembre 2003 fueron temperatura máxima de 19,3°C, media 14,3°C y mínima 10,3°C, condiciones que se encuentran en los rangos señalado por los investigadores, por ello el patógeno contó con las condiciones ambientales favorables para su máximo desarrollo. En el caso de la humedad relativa para este mismo se registró un 70%. Es importante considerar

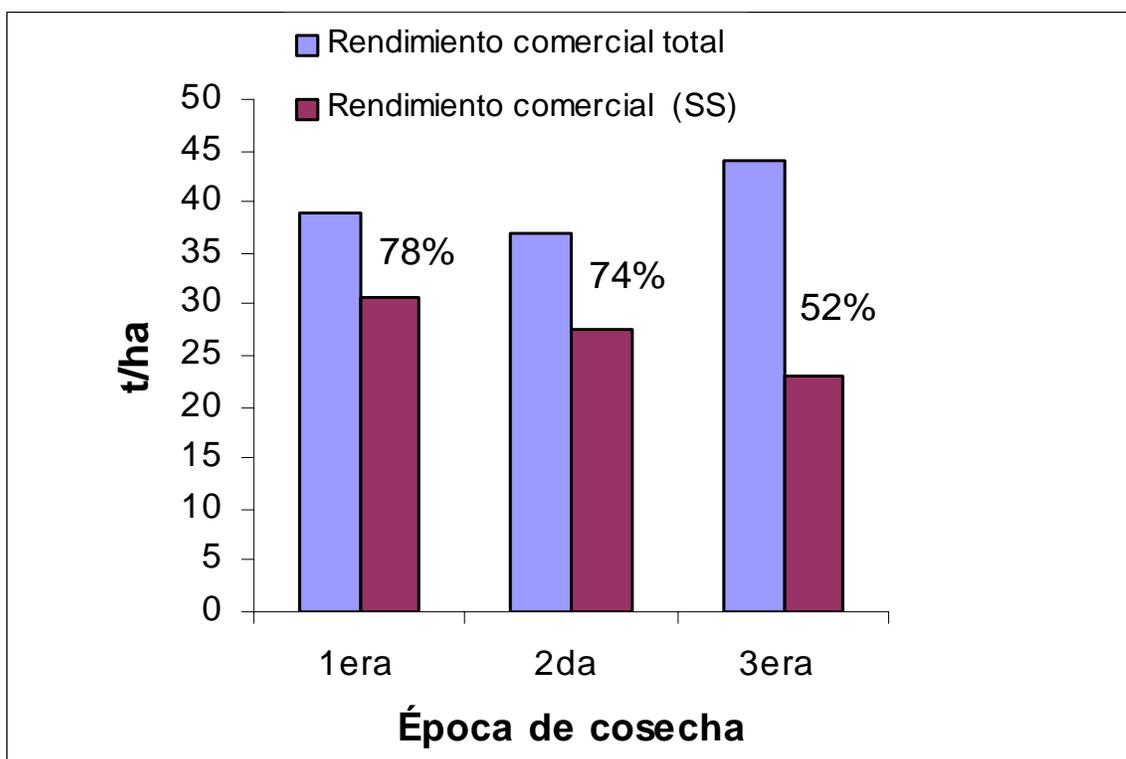
que el pH del suelo donde se estableció el ensayo era de 6.2, lo que también favorece al patógeno según lo señalado por los autores antes mencionados.

Por lo tanto condiciones ambientales y edáfica, favorecieron claramente el desarrollo del patógeno, permitiendo su crecimiento y desarrollo en los tubérculos.

En la Figura 7 se compara el rendimiento comercial total y el rendimiento libre de sarna común y se puede observar que en la 1era época de cosecha, el 78% de los tubérculos cosechados no presentó síntomas de sarna común. En la 2da época, hay un leve incremento de la incidencia de sarna común en esta situación el 74% de los tubérculos no presentó síntomas del patógeno. En la 3era época, aumento ostensiblemente la incidencia de sarna común, donde solo el 52% estaba libre *S. scabies* y claramente la sarna común se fue incrementando con el tiempo.

*S. scabies* estuvo presente en las tres épocas de cosecha sin embargo, estadísticamente el efecto en el rendimiento libre del patógeno no fue significativo.

Si se considerará que el destino del cultivo fuese dirigido a la producción de papa-semilla, el daño ocasionado es más relevante, debido a las tolerancias exigidas por el mercado, donde por ejemplo en la 3era época, sólo el 52% de los tubérculos podrían ser comercializados a este rubro.



(SS): Rendimiento comercial sin síntomas de sarna común.

**FIGURA 7 Comparación entre el rendimiento comercial total versus rendimiento comercial de tubérculos sin síntomas de sarna común, para tres épocas de cosecha.**

**4.3.2 Incidencia de *S. scabies* en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha.** La incidencia de sarna común 5, 10 ,25 ,50% se observa en el Cuadro 8 donde el factor época presentó diferencias significativas, por lo tanto la época de cosecha está íntimamente relacionada con el aumento en la incidencia de sarna común en tubérculos de papa.

Similares resultados obtuvo WATERER (2002) donde el grado de sarna común para cv. Shepody y Norland, se incrementa con la permanencia de los tubérculos en el suelo; así también el tamaño de las lesiones aumenta sobre el tubérculo y por lo tanto, aumenta el grado de severidad de sarna común al permanecer más tiempo los tubérculos en el suelo retrasando la cosecha.

**CUADRO 8 Efecto de la época de cosecha sobre el % de incidencia de sarna común en tubérculos de papa cv. Desirée.**

Epoca de cosecha	Rendimiento en t/ha clasificado según (%) cobertura del patógeno			
	5%	10%	25%	50%
1era época	7,90 A b	0,00 B c	0,00 C c	0,00 D c
2 da época	5,96 A c	2,02 B a	1,00 C a	0,55 D a
3 era época	18,6 A a	2,02 B b	0,00 C b	0,00 D b

Letras mayúsculas distintas en las filas (incidencia de la enfermedad) indican diferencias estadísticas altamente significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Letras minúsculas distintas en las columnas (época de cosecha) indican que hay diferencias estadísticas significativas al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

*S. scabies* puede infectar a través de estomas recién formados y en lenticelas inmaduras, antes de la diferenciación del peridermo. En lenticelas ya desarrolladas el patógeno no penetra, por lo tanto, el período de susceptibilidad es bastante breve sólo mientras se están desarrollando las lenticelas (HOOKER y PAGE 1960; LAPWOOD y HERING 1968; KIRK *et al.*, 2000, ANDRADE *et al.*, 2004). Este período tiene por duración entre 10-15 días (LAPWOOD y HERING, 1970).

En la primera época de cosecha la bacteria llega hasta el 10% de incidencia (Cuadro 8).

Para la 2da y 3era época de cosecha la situación comienza a cambiar, se produce un aumento de la cobertura del patógeno llegando a presentarse tubérculo con el 50% de su superficie cubierta con síntomas de sarna común.

Cabe señalar que en la medida que se retrasa la cosecha niveles de infección de 5 y 10% adquieren mayor importancia, esto queda claramente expresado en la 3era época donde se incremento significativamente la incidencia de sarna común con 5% de cobertura del patógeno.

JELLIS (1977) señala que la cobertura de la sarna común es dependiente del número potencial de sitios de infección, principalmente a través de lenticelas. Además existen factores ambientales influyen sobre la cobertura de la sarna así como, la población del patógeno en el suelo, la virulencia de los aislamientos locales, condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo y la humedad del suelo.

Por lo tanto, como han indicado KIRK *et al.* (2000), ACUÑA y ANDRADE, (2002) y WATERER, (2002) los tubérculos ya maduros no son susceptibles al ataque, pero las lesiones ya formadas pueden seguir expandiéndose en la medida que la papa crece y aumentar la severidad del daño de la enfermedad.

Las lesiones se van extendiendo en la medida que las condiciones climáticas son favorables al patógeno para su diseminación; en el estudio estas condiciones contribuyeron al crecimiento y desarrollo de *S. scabies*, situación que fue mencionada en el punto 4.3.1

#### **4.4 Evaluación de la incidencia de sarna plateada en tubérculos de papa cv. Desirée.**

A continuación se señalan los resultados, sobre la incidencia de sarna plateada, en tubérculos cosechados en tres épocas.

#### 4.4.1 Evaluación del rendimiento comercial en tubérculos sanos a sarna plateada, en tres épocas de cosecha.

Se determinó que sarna plateada, es un patógeno que afectó fuertemente los tubérculos de papa. En el Cuadro 9, se observan los resultados de los tubérculos libres de sarna plateada, donde los valores resultaron insignificantes.

**CUADRO 9 Rendimiento comercial (kg) de tubérculos sanos a sarna plateada, en tres épocas de cosecha.**

Epoca de cosecha	Tubérculos sanos (kg)
1era época cosecha	0,456 b
2da época cosecha	0,600 a
3era época cosecha	0,070 c

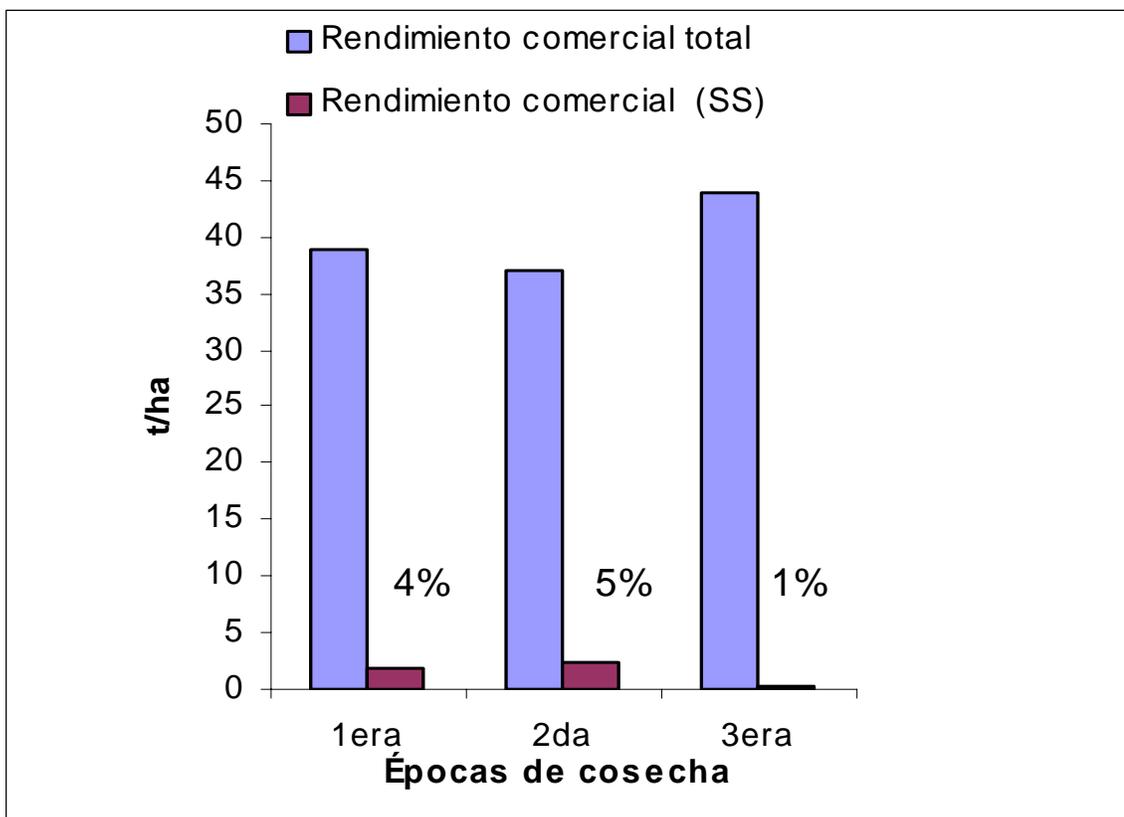
Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

Aun bajo este mínimo de rendimiento de tubérculos sanos, el análisis de varianza, indica que existen diferencias estadísticas significativas para el factor época.

Los resultados que arrojó la investigación concuerdan con los que señalan HIDE y BOORER (1991); FIRMAN y ALLEN (1993); MERIDA *et al.* (1994), que determinaron que esta enfermedad se incrementa cuando se retrasa la cosecha.

En la Figura 8 se observa el fuerte impacto de sarna plateada sobre el rendimiento comercial libre del patógeno; éste se presentó como un patógeno tremendamente invasor en los tubérculos de papa. En la 1era época de cosecha solamente 4% del rendimiento comercial no presentó síntomas de

sarna plateada, para la 2da época el 5% y en la 3era el 1% de los tubérculos resultaron sanos a sarna plateada.



(SS): Rendimiento comercial sin síntomas de sarna plateada.

**FIGURA 8 Comparación entre el rendimiento comercial total (t/ha) y el rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sin síntomas de sarna plateada, para tres épocas de cosecha.**

READ *et al.* (1995), en su investigación concluyó que cv. Desirée es muy susceptible a esta enfermedad, encontrándose en más del 84% de los tubérculos muestreados. En los resultados que se obtuvieron en el estudio, sobre el 95% de los tubérculos cosechados presentaba síntomas de sarna plateada, en distinto grado de incidencia.

La alta incidencia de este patógeno, es producto de la susceptibilidad del cv. Desirée y además de las condiciones medio ambientales en que se desarrollo éste.

Según RODRIGUEZ *et al.* (1996), para el desarrollo de la enfermedad se requiere de la presencia de humedad relativa cercana al 90%. La infección ocurre a temperaturas entre 3-27°C. Así una característica de este patógeno es el amplio rango de temperatura en donde se puede desarrollar, considerando que la infección ocurre durante el período de formación del tubérculo. Las condiciones climáticas en este período para el ensayo fueron: temperatura máxima promedio de 19,3°C, temperatura media promedio de 14,3°C, y la mínima de 10,3°C, encontrándose en el rango que indica el autor (Anexo 1). La humedad relativa, en promedio fue de 70%, si bien algo inferior de lo mencionado por el autor, el patógeno no pareció ser afectado.

Las lesiones se van extendiendo junto con la permanencia de los tubérculos en el suelo, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables para el patógeno, durante este período la temperatura media promedio fluctuó entre 13-15°C, la temperatura máxima promedio 18-24°C y la mínima promedio de entre 9-11°C. Estas condiciones se encuentran según lo señalado por BOYD (1972); LENNARD (1980); HOOKER (1980); RODRIGUEZ *et al.* (1996), ellos indican además que temperaturas bajo los 8°C y con menos de 55% de humedad relativa, disminuyen drásticamente el desarrollo del patógeno, estas condiciones no se presentaron en el estudio.

**4.4.2 Incidencia de *H. solani* en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha.** La incidencia de sarna plateada 10, 25, 50, 75% en tubérculos de papa cv. Desirée, se puede observar en el Cuadro 10. Se aprecia en la 1era época, que los niveles de infección se concentraron en 10 y 25%. Sin embargo, para todos los niveles de infección se presentaron diferencias significativas.

**CUADRO 10 Efecto de la época de cosecha sobre el % de incidencia de sarna plateada en tubérculos de papa cv. Desirée.**

Epoca de cosecha	Rendimiento en t/ha clasificado según (%) cobertura del patógeno			
	10%	25%	50%	75%
1era época	23,52 A a	10,62 B a	2,80 C a	0,00 D a
2 da época	13,04 A a	11,45 B a	9,02 C a	0,55 D a
3 era época	7,52 A a	16,10 B a	17,10 C a	2,81 D a

Letras mayúsculas distintas en las filas (% de incidencia de la enfermedad) indican diferencias estadísticas altamente significativas, al 1% y 5% en la prueba de rango múltiple Tukey.

Letras minúsculas iguales en las columnas (época de cosecha) indican que no hay diferencias estadísticas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

En la 2da época se incremento la superficie abarcada por el patógeno a niveles de infección de un 25 y 50% toman mayor importancia. También se registraron tubérculos fuertemente cubiertos con sarna plateada alcanzando el 75% de la superficie.

En la 3era época aumento el nivel de cobertura en tubérculos de papa, y empiezan a destacar niveles de infección de 25, 50 y 75%. En este período de evaluación se observaron claramente los síntomas de sarna plateada cubriendo gran parte de la piel de los tubérculos.

El incremento de sarna plateada al permanecer los tubérculos en el suelo fue evidente, donde claramente los niveles de incidencia del patógeno fueron aumentando. Resultados similares obtuvieron FIRMAN y ALLEN (1995) y ERRAMPALLI *et al.* (2001), que señalan que la duración del período entre el inicio de la tuberización y la cosecha son los factores determinantes sobre la

severidad de sarna plateada y tienen un efecto significativo en la incidencia de esta enfermedad.

Si el tiempo entre la iniciación de la tuberización y la cosecha se alarga, mayor será la infección de sarna plateada. El intervalo de tiempo entre el inicio de la tuberización y la cosecha aparece como el factor más importante en determinar los niveles de daño de sarna plateada (ADAMS *et al.*, 1985; WILCOCKSON *et al.*, 1985; HIDE y BOORER, 1991; FIRMAN y ALLEN, 1993; ERRAMPALLI *et al.*, 2001).

Cuanto mayor es el tiempo que permanecen los tubérculos maduros en el suelo mayor es la severidad de la enfermedad (HOOKER, 1980). BOYD (1972) y MERIDA *et al.* (1994), agregan que la fecha de cosecha afecta la severidad de la enfermedad, se incrementa con la senescencia del cultivo y el retraso de la fecha de cosecha.

#### **4.5 Evaluación de la Incidencia de sarna polvorienta en tubérculos de papa cv. Desirée.**

A continuación se indican los resultados obtenidos, sobre la incidencia de sarna polvorienta en tubérculos cosechados, en tres períodos.

**4.5.1 Evaluación del rendimiento comercial en tubérculos sanos a sarna polvorienta, en tres épocas de cosecha.** Los resultados de la evaluación de tubérculos libres de sarna polvorienta se aprecian en el Cuadro 11, donde al igual que las otras enfermedades, esta se encuentra presente en forma importante.

La época de cosecha no influye sobre el incremento de sarna polvorienta, dado que las diferencias no resultaron significativas tal como lo indica el Cuadro 11.

**CUADRO 11 Rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sanos a sarna polvorienta, en tres épocas de cosecha.**

Epoca de cosecha	Tubérculos sanos (t/ha)
1era época cosecha	27,7 a
2da época cosecha	30,1 a
3era época cosecha	24,0 a

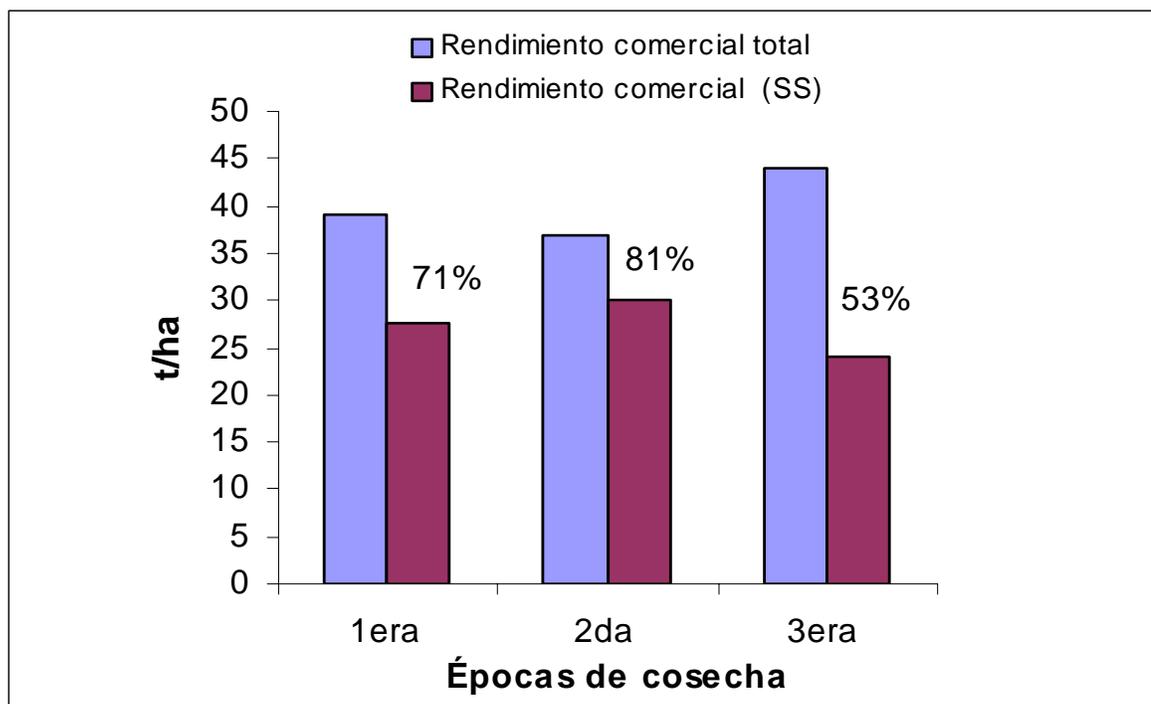
Letras distintas indican que no hay diferencias estadísticas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

La Figura 9, muestra la relación entre el rendimiento comercial total y el rendimiento comercial libre de sarna polvorienta. Se obtuvo lo siguiente: en la 1era época el 71%, se encontró sin síntomas de sarna polvorienta, para la 2da época el 81% y la 3era época el 53%, respectivamente. Si bien no existe una tendencia clara de disminución con el tiempo de permanencia en el suelo, es claro que el máximo daño se provocó en la 3era época.

Para el desarrollo del hongo se requiere de temperatura ambiente de 14-18°C y humedad relativa cercana al 90% (VAN DE CRAAF *et al.*, 2005). Las condiciones ambientales que se registraron en campo, considerando que la infección ocurre en la formación del tubérculo fueron temperatura máxima de 19,3°C, media 14,3°C y mínima 10,3°C, donde además es importante considerar que las temperaturas fueron subiendo y la media alcanzó los 17,5°C. En el caso de la humedad relativa para este mes se registró un 70%, que es bastante inferior a lo señalado anteriormente (Anexo 1).

Por sobre los 21°C se producen muy pocos daños del patógeno al hospedero (HARRISON *et al.*, 1997).

Las condiciones ambientales no favorecieron el desarrollo del hongo, esto explicaría la menor incidencia de sarna polvorienta en tubérculos de papa, que se produjo en la temporada de investigación.



(SS): Rendimiento comercial sin síntomas de sarna polvorienta.

**FIGURA 9 Comparación entre el rendimiento comercial total (t/ha) y el rendimiento comercial (t/ha) de tubérculos sin síntomas de sarna polvorienta, en tres épocas de cosecha.**

**4.5.2 Incidencia de *S. subterranea* en tubérculos de papa, en tres épocas de cosecha.** La incidencia de sarna polvorienta 5, 10, 25, 50% no presenta una tendencia clara de su comportamiento en el tiempo de evaluación. En el Cuadro 12, se aprecia la evolución de este patógeno en el período de estudio.

Solo incidencia del 5% de cobertura resultaron estadísticamente significativas, en los tres períodos de estudio (Cuadro 12).

**CUADRO 12 Efecto de la época de cosecha sobre el % de incidencia de sarna polvorienta en tubérculos de papa cv. Desirée.**

Epoca de cosecha	Rendimiento en t/ha clasificado según (%) cobertura del patógeno			
	5	10	25	50
1era época	10,81 A a	0,00 B a	0,00 B a	0,00 B a
2 da época	5,34 A a	0,00 B a	0,00 B a	0,00 B a
3 era época	17,23 A a	1,87 B a	0,42 B a	0,00 B a

Letras mayúsculas distintas en las filas (incidencia de la enfermedad) indican diferencias estadísticas altamente significativas, al 1% y 5% en la prueba de rango múltiple Tukey.

Letras minúsculas iguales en las columnas (época de cosecha) indican que no hay diferencias significativas, al 1% y 5% de la prueba de rango múltiple Tukey.

La incidencia de sarna polvorienta en la 1era época se concentró en niveles de infección de 5 y 10%. Por lo tanto este hongo no afectó mas allá de un 10% de la superficie del tubérculo. Para la 2da época la situación es similar a la anterior, donde la cobertura del patógeno no superó el 10% de la superficie del tubérculo (Cuadro 13). Como lo indican VAN DE CRAAF *et al.* (2005) después de producida la infección la incidencia del patógeno se incrementa durante la estación de crecimiento, solo si las condiciones ambientales son favorables. Sin embargo, las condiciones ambientales no favorecieron el desarrollo del hongo y esto explica el por que no se incremento la incidencia de esté.

La 3era época de cosecha presentó la mayor incidencia del patógeno en los tubérculos de papa, con 5, 10 y 25% de cobertura de sarna polvorienta. Esto se explica porque las condiciones ambientales fueron más favorables para el hongo, debido a la baja en la temperatura media del ambiente y el aumento de la humedad relativa. Sin embargo, las diferencias no resultaron significativas.

Sarna polvorienta no presentó una respuesta clara al permanecer los tubérculos en el suelo. Al respecto ADAMS *et al.* (1987), señalan que sarna polvorienta presenta una distribución errática de la incidencia en los años de estudio estando relacionada directamente con las condiciones ambientales de cada año de estudio.

HARRISON *et al.* (1997), señalan que es posible que el tipo de suelo pueda influir en la supresión de sarna polvorienta por efecto físico, químico o biológico, sin embargo no existe evidencia concreta del efecto que pueda tener esta.

## 5 CONCLUSIONES

En el estudio, la época de cosecha, no influye sobre la incidencia de costra negra en tubérculos de papa y la enfermedad no se incrementa significativamente a través del tiempo.

Utilizando tubérculo-semilla con costra negra en la plantación, incrementa la severidad de la enfermedad en tubérculos de papa.

Cosechas tardías incrementaron la incidencia de sarna común sobre tubérculos de papa.

La época de cosecha juega un rol importante en la incidencia de sarna plateada ya que al permanecer los tubérculos en el suelo la cobertura del patógeno aumenta.

La incidencia de sarna polvorienta no se vio afectada con la permanencia de los tubérculos en el suelo.

Por lo tanto, la hipótesis planteada en la investigación se rechaza ya que solo sarna plateada y sarna común se incrementaron a través del tiempo, no así para costra negra y sarna polvorienta que no aumentaron al permanecer los tubérculos en el suelo.

## 6 RESUMEN

El cultivo de la papa se ve afectado por agentes bióticos y abióticos, que ocasionan daños en diversas etapas del cultivo. Las enfermedades de la piel asociadas principalmente a los patógenos *Rhizoctonia solani* Kühn, *Streptomyces scabies* Thaxter, *Helminthosporium solani* Durieu y Mont y *Spongospora subterranea* Wallr afectan la calidad estética del tubérculo, como también causan importantes pérdidas en el rendimiento.

El objetivo de la investigación fue analizar el efecto de las enfermedades de la piel al dejar los tubérculos de papa cv. Desirée en el suelo hasta 120 días después de su maduración fisiológica. Para ello se consideraron tubérculos-semilla sanos y con costra negra a la plantación, donde se utilizaron 135 tubérculos sanos y 135 con costra negra. El diseño experimental correspondió al completamente aleatorio.

Estos ensayos forman parte del Proyecto Fondo SAG 24-10-100 “Diseño de una estrategia de control integrado orientada a incrementar la calidad fitosanitaria del cultivo de la papa en la región sur de Chile”, y fueron realizados en la Estación Experimental Santa Rosa, perteneciente a la Universidad Austral de Chile.

La primera cosecha de los tubérculos se realizó el 15 de marzo de 2004, posteriormente a los 60 días siguientes, el 19 mayo de 2004, la segunda y a los 120 días el 13 de julio de 2004, la tercera época.

Los tubérculos cosechados fueron evaluados a través de síntomas y signos de los patógenos presentes en la piel del tubérculo.

La época de cosecha, fue un factor importante en la incidencia de sarna plateada y sarna común, estas se incrementaron al permanecer los tubérculos en el suelo. No así las otras enfermedades que no mostraron diferencias entre las tres épocas de cosecha.

La sanidad a la plantación, utilizando tubérculo-semilla con costra negra incrementa la severidad de la enfermedad.

Las enfermedades sarna plateada y sarna común fueron las que presentaron una mayor incidencia sobre tubérculos de papa.

## SUMMARY

The cultivation of the potato is affected by biotic and abiotic agents that cause damages in many stages of the cultivation. Skin diseases are mainly associated with pathogens as *Rhizoctonia solani* Kühn, *Streptomyces scabies* Thaxter, *Helminthosporium solani* Durieu and Mont and *Spongospora subterranea* Wallr which have an influence in the aesthetic quality of the tuber and they also cause important yield losses.

The objective of the research was to analyze the effect of the diseases on the skin where the tubers of cv. Desirée potato on left ground 120 up to days after its physiological ripeness. Healthy seed-tubers and those with black scurf were considered for plantation using 135 healthy tubers and 135 with black scurf. The experimental design was completely random test.

This study is part of the Project Fondo SAG 24-10-100 “Design of a strategy of integrated control that is directed to increase the quality health of the cultivation of the potato in the southern region of Chile”, and they were carried out “Santa Rosa” Experimental Station, belonging to the Universidad Austral de Chile.

The first harvest of the tubers was made on March 15<sup>th</sup>, 2004. The second one was in the following 60 days, on May 19<sup>th</sup>, 2004 and the third one was after 120 days, on July 13<sup>th</sup>, 2004.

The harvested tubers were evaluated through the symptoms and signs of the pathogens which were in the skin of the tuber.

The date of harvest was an important factor in the incidence of the silver scurf; it increased because the tubers stayed on the ground. Unlike others disease that did not show differences among the three harvesting dates.

The health of the plantation using seed-tuber with black scurf is increased the severity this disease.

The silver scurf disease and common scab demonstrated a major incidence over the potato of tubers.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, I.; BRAVO, R. y VARGAS, M. 2004. Cultivo de papa: tratamiento de semilla para disminuir la incidencia de Rizoctoniasis. Tierra Adentro (Chile) 58: 36-39.
- ACUÑA, I. y ANDRADE, N. 2002. La sarna común de la papa. Informativo N°37. Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- ADAMS, M y HIDE, G. 1981. Effects of common scab (*Streptomyces scabies*) on potatoes. Annals of Applied Biology (Inglaterra) 98: 211-216.
- ADAMS, P.; SANDAR, N. y NELSON, D. 1970. Some properties of soil affecting russet scab and silver scurf of potatoes. American Potato Journal (USA) 47: 49-57.
- ADAMS, M.; HIDE, G. y LAPWOOD, D. 1985. Sampling potatoes for the incidence of tuber disease and levels of inoculum. Annals of Applied Biology (Inglaterra) 107: 189-203.
- ADAMS, M.; READ, P.; LAPWOOD, D.; CAYLEY, G y HIDE, G. 1987. The effects of irrigation on powdery scab and other tuber disease of potatoes. Annals of Applied Biology (Inglaterra) 110: 287-294.
- AGROINDUSTRIA.ORG. 2005. Agroindustria de la Papa en Chile. (On line) <<http://www.agroindustrias.org/1-08-01agropapachile.shtml>> (8 sept. 2005).

AGRIOS, G. 1996. Fitopatología. 2ª ed. México. Academic Press. 838 p.

ANDRADE, N.; CASTRO, I. y CARRASCO, J. 2004. Principales enfermedades del cultivo de la papa en la X Región. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Curso taller de capacitación para pequeños agricultores de Los Muermos. 19 p.

UNIVERSITY OF ILLINOIS. 1988. Report on plant disease; common scab of potato. (On line). Integrated pest management. University of Illinois. <<http://www.ipm.uiuc.edu/diseases/series900/rpd909/>> (15 jun. 2005).

APABLAZA, G. 2000. Patología de los cultivos epidemiología y control holístico. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile. 347 p.

BANDY, B. y TAVANTZIS, S. 1990. Effect of hypovirulent *Rhizoctonia solani* on Rhizoctia disease, growth and development of potato plants. American Potato Journal (USA) 67: 189-199.

BANVILLE, G.; CARLING, D. y OTRYSKO, B. 1996. The initial steps of the infection process in *Rhizoctonia solani* In: Sneh B, Jabaji-Hare, S, Neate, S, Dijst, G (eds) *Rhizoctonia* species: Taxonomy, Molecular, Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Kluwer Dordrecht, Netherlands. Academic Publishers. 578 p.

BIRGITTE, A.; ANDERSEN, N. y STEEN, N. 2002. Alternative hosts for potato mop-top virus, genus *Pomovirus* and its vector *Spongospora subterranea f.sp.subterranea*. Potato Research (Alemania) 45: 37-43.

- BONDE, M. y MC INTYRE, A. 1968. Isolation and biology of *Streptomyces sp* causing potato scab in soils below pH 5.0. American Potato Journal (USA) 45: 273-278.
- BOUCHEK-MECHICHE, K.; PASCO, C.; ANDRIVON, D., y 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 (Inglaterra) 49: 3-10.
- BOYD, A. 1972. Potato storage disease. Review of Plant Pathology (USA) 51(5): 297-321.
- BRIEN, P. y ALLEN, E. 1992. Effect of date of planting, date of harvesting and seed rate on yield of seed potato crops. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) 188: 289-300.
- CARLING, D. y LEINER, R. 1990. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* on potato. Phytopathology (USA) 80 (10): 930-934.
- CIAMPI, L. 2002. Introducción a la patología vegetal. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 232 p.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). s.f.. Ficha técnica cv. Desirée. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. INIA, Remehue.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). 2005. Estadísticas agropecuarias. Superficie, producción y rendimiento de papa por tipo,

total Región. 1984 - 2004, periodicidad anual. (On line)  
<<http://www.ineloslagos.cl/bdatos/1022303.xls>> (8 sept. 2005).

CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). 1997. Resultados preliminares del VI Censo Nacional Agropecuario 1997. 432 p.

CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2002. Enfermedades y plagas de la papa en Chile. Proyecto control de enfermedades de la papa. Décima Región de los Lagos Chile. 31 p.

CONTRERAS, A. 1999. Web papa. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Sanidad y Producción Vegetal. (On Line)  
<http://www.agrarias.uach.cl/webpapa/index/html>. (12 Septiembre 2004).

DAVIS, J.; MCMASTER, M.; CALLIHAN, H.; GARNER, J. y MCDOLE, R. 1974. The relationship of irrigation timing and soil treatments to control potato scab. *Phytopathology (USA)* 64: 1404-1410.

DAVIS, J.; MACMASTER, M.; CALLIHAND, F.; NISSLEY, H. y PAVEK, J. 1976. Influence of soil moisture and fungicide treatments on common scab and mineral content of potatoes. *Phytopathology (USA)* 66: 228-233.

DIJST, G. 1985. Investigations on the effect of haulm destruction and additional root cutting on black scurf on potato tubers. *Netherlands Journal Plant Pathology* 91: 153-162.

DIJST, G.; BOUMAN, A.; MULDER, A. y ROOSJEN, J. 1986. Effect of haulm destruction supplemented by cutting off roots on the incidence of black scurf and skin damage, flexibility of harvest period and yield of seed

potatoes in field experiments. Netherlands Journal Plant Pathology 92: 287-303.

DIJST, G . 1988. Formation of sclerotia by *Rhizoctonia solani* on artificial media and potato tubers. Netherlands Journal Plant Pathology 94: 233-242.

DIJST, G. 1990. Effect of volatile and unstable exudates from underground potato plant parts on sclerotium formation by *Rhizoctonia solani* AG-3 before and after haulm destruction. Netherlands Journal Plant Pathology. 96: 155-170.

DIRIWACHTER, G. y PARBERY, D. 1991. Infection of potato by *Spongospora subterranea*. Mycological Research (Inglaterra) 95: 762-764.

DOERING-SAAD, C.; KEMPFER, P.; SHULAMIT, M.; KRITZMAN, G.; SCHNEIDER, J.; ZAKRZEWSKA, J.; SCHREMPF, H. y BARASH, I. 1992. Diversity among *Streptomyces* isolates causing potato scab. Applied and Environmental Microbiology (USA) 58: 3932-3940.

ELSON, M.; SCHISLER, D. y BOTHAST, R. 1997. Selection of microorganisms for biological control of silver scurf (*Helminthosporium solani*) of potato tubers. Plant Disease (USA) 81: 647-652.

ERRAMPALLI, D.; SAUNDERS, M. y HOLLEY, D. 2001. Emergence of silver scurf (*Helminthosporium solani*) as and economically important disease of potato. Plant Pathology (Inglaterra) 50: 141-153.

- FIRMAN, D. y ALLEN, E. 1993. Effects of windrowing, irrigation and defoliation of potatoes on silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) 121: 47-53.
- FIRMAN, D. y ALLEN, E. 1995. Transmission of *Helminthosporium solani* from potato seed tubers and effects of soil conditions, seed inoculum and seed physiology on silver scurf disease. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) 124: 219-234.
- FRANK, J. y LEACH, S. 1980. Comparison of tuberborne and soilborne in the *Rhizoctonia* disease of potato. Phytopathology (USA) 70 (1): 51-53.
- GEORGIU, C. y PETROPOULOU, K. 2001. Effect of the antioxidant ascorbic on sclerotial differentiation in *Rhizoctonia solani*. Plant Pathology (Inglaterra) 50: 594-600.
- GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD, 1979. Manual of plant growth stages and diseases assessment keys. Agricultural Development and Advisory Service. 58p.
- GUDMESTAD, N.; ZINK, R. y HUGUELET, J. 1979. The effect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of *Rhizoctonia* disease of potato. American Potato Journal (USA) 56: 35-41.
- HARRISON, J.; SEARLE, R. y WILLIAMS, N. 1997. Powdery scab disease of potato a review. Plant Pathology (Inglaterra) 46: 1-25.
- HEINY, D. y MCINTYRE, G. 1983. *Helminthosporium solani* Dur & Mont development on potato periderm. American Potato Journal (USA) 60: 773-789.

- HIDE, G. y ADAMS, M. 1980. Relationships between disease levels on seed tubers, on crops during growth and stored potatoes. Silver scurf. Potato Research (Alemania) 23: 229-240.
- HIDE, G. y BOORER, K. 1991. Effects of drying potatoes (*Solanum tuberosum* L.) after harvest on the incidence of disease after storage. Potato Research (Alemania) 34: 133-137.
- HOOKER, W. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 166 p.
- HOOKER, W. y PAGE, O. 1960. Relation of potato tuber growth and skin maturity to infection by common scab *Streptomyces scabies*. American Potato Journal (USA) 37: 414-423.
- JAGER, G.; VELVIS, H.; LAMERS, G.; MULDER, A. y ROOSJEN, J. 1991. Control of *Rhizoctonia solani* in potato by biological, chemical and integrated measures. Potato Research (Alemania) 34: 269-284.
- JAMES, W. y MCKENZIE, A. 1972. The effect of tuber-borne sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kuhn on the potato crop. American Potato Journal (USA) 49: 296-297.
- JELLIS, J. 1977. The relative important of host and enviromental in determining the incidence and sevevity of lesions of common scab (*Streptomyces scabies*) on potato. Potato Research (Alemania) 20:295-301.
- JELLIS, G. y TAYLOR, G. 1977. The development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease of potato. Annals of Applied Biology (Inglaterra) 86: 19-28.

- JOHNSON, S y LEACH, S. 2004. *Rhizoctonia* Disease on potatoes. Potato Facts. University of Maine Cooperative Extension. Bulletin 2273. (On Line) <<http://www.umext.maine.edu/onlinepubs/htmlpubs/2273.htm>> (5 sept. 2005).
- KEIJER, J. 1996. The initial steps of the infection process in *Rhizoctonia solani* In: Sneh B, Jabaji-Hare, S, Neate, S, Dijst, G (eds) *Rhizoctonia* species: Taxonomy, Molecular, Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Kluwer Dordrecht, Netherlands. Academic Publishers. 578p.
- KIRAN, K.; SHETTY, M.; KLEINKOPF, G. y NOLTE, P. s.f. Potato Storage Research. Kimberly Research and Extension Center. (On Line) <<http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/Ssmanage.htm>>. (20 de jun. 2005).
- KIRK, W.; SMUCKER, D.; HAMMERSCHMIDT, R. y BAKER, K. 2000. Potato common scab in Michigan. Vegetable Growers News. Michigan State University. (On Line). <[http://www.vegetablegrowersnews.com/pages/2000/issue00\\_06/00\\_06\\_ext\\_scab.htm](http://www.vegetablegrowersnews.com/pages/2000/issue00_06/00_06_ext_scab.htm)> (20 jun. 2005).
- LACEY, M. y WILSON C. 2001. Relationships of common scab incidence of potatoes grown in Tasmanian ferrosol soils with pH, exchangeable cations and other chemical properties of those soils. Journal Phytopathology (USA) 149: 679-683.

- LAPWOOD, D. y HERING, T. 1968. Infection of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) during brief periods when soil is drying. *European Potato Journal* (Inglaterra) 11:177-187.
- LAPWOOD, D. y HERING, T. 1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). *Potato Research* (Alemania) 13: 296-304.
- LAWRENCE, C.; CLARK, M. y KING, R. 1990. Induction of common scab symptoms in aseptically cultured potato tubers by the vivotoxin, thaxtomin. *Phytopathology* (USA) 80(7): 606-608.
- LENNARD, J. 1980. Factors affecting the development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) on potato tubers. *Plant Pathology* (Inglaterra) 29: 87-92.
- LORIA, R.; BUKHALID, R.; FRY, B. y RUSELL, K. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Disease* (USA) 81(8): 836-846.
- LUTTRELL, E. 1964. Systematics of *Helminthosporium* and related genera. *Mycologia* (USA) 56: 119-132.
- MERIDA, C. y LORIA, R. 1994. Survival of *Helminthosporium solani* in soil and in vitro colonization of senescent plant tissue. *American Potato Journal* (USA) 71: 591-598.
- MERIDA, C.; LORIA, R.; y HALSETH, D. 1994. Effects of potato cultivar and time of harvest on the severity of silver scurf. *Plant Disease* (USA) 78(2): 146-149.

- MEZIES, J. 1959. Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. *Phytopathology (USA)* 49: 648-652.
- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 676p.
- OGOSHI, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annals Review Phytopathology (USA)* 125-143.
- PURDUE UNIVERSITY. 2001. Common scab of potato. Plant Disease Control. <<http://www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/BP/BP-8.html>> (22 sept. 2004).
- RANDALL, C.; ROWE, S.; MILLER, A. y RIEDEL, R. 2002. Scab of potato tubers. Extension FactSheet. (On line). Department of plant pathology. Ohio State University. <<http://www.uidaho.edu/ag/plantdisease/scabnote.htm>> ( 22 jun. 2005).
- READ, P. y HIDE, G. 1984. Effects of silver surf (*Helminthosporium solani*) on seed potatoes. *Potato Research (Alemania)* 27: 145-154.
- READ, P.; STOREY, R. y HUDSON, D. 1995. A survey of black dot and other fungal tuber blemishing disease in British potato crops at harvest. *Annals of Applied Biology (USA)* 126: 248-258.
- RODRIGUEZ, D.; SECOR, G.; GUDMESTAD, N. y FRANCI, L. 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed and commercial storage. *Plant Disease (USA)* 80(9): 1063-1070.

- ROSEANN, H.; LEINER, B.; FRY, D.; CARLING, E. y LORIA, R. 1996. Probable involvement of thaxtomin A in pathogenicity of *Streptomyces scabies* on seedlings. *Phytopathology (USA)* 86(7): 709-713.
- RUSSELL, R.; HAROLD, C. y MERVYN, C. 1991. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected potato tubers. *American Potato Journal (USA)* 68: 675-680.
- SANDOVAL, C. 1987. Enfermedades fungosas y bacterianas en papa. Chile. Estación Experimental Remehue. Boletín técnico. N°116. 12 p.
- SANZ, H. 1976. Presencia en Chile de *Helminthosporium solani* Durieu y Mont (*Spondylocladium atrovirens*) (Hrarz) (Harz ex Sacc) causante de la sarna plateada en papas. *Agricultura Técnica (Chile)* 36: 44-45.
- SIMONS, S. y GILLIGAN, C. 1997. Factors affecting the temporal progress of stem canker (*Rhizoctonia solani*) on potatoes (*Solanum tuberosum*). *Plant Pathology (Inglaterra)* 46: 642-650.
- SPENCER, D. y FOX, A. 1979. Post-harvest development of *Rhizoctonia solani* Kühn on potato tubers. *Potato Research (Alemania)* 22: 41-47.
- TAPIA, B. 2001. Papas y Hortalizas. *Temporada Agrícola (Chile)* 17: 67-71.
- TAYLOR, P.; FLETT, S.; BOER, R. y MARSHALL, D. 1986. Effects of irrigation regimes on powdery scab disease and yield of potatoes. *Australasian Journal Experimental Agricultural (Australia)*. 26: 745-750.
- TORRES, H. 2002 (a). Manual de las enfermedades más importantes de la papa en Perú. Centro internacional de la papa (CIP). Rizoctoniasis. (On

line) <<http://www.cipotato.org/training/Materials/HTorres/HTorresRR.pdf>>. (3 sept. 2005).

TORRES, H. 2002 (b). Manual de las enfermedades más importantes de la papa en Perú. Centro internacional de la Papa (CIP). Roña. (On line). <<http://www.cipotato.org/training/Materials/HTorres/HTorresRONA.pdf>>(3 sept. 2005).

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH), 2002 a. Proyecto Fondo SAG N°24-10-100. Diseño de una estrategia de control integrado orientada a incrementar la calidad fitosanitaria del cultivo de la papa en la región sur de Chile. (On line). Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. <[http://agrarias.uach.cl/proyectos/enfermedades\\_papas/index.htm](http://agrarias.uach.cl/proyectos/enfermedades_papas/index.htm)>(15 oct. 2005).

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH), 2002 b. *Helminthosporium solani*, sarna plateada. (On line). Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. <[http://www.agrarias.uach.cl/proyectos/enfermedades\\_papas/helminthosporium.htm](http://www.agrarias.uach.cl/proyectos/enfermedades_papas/helminthosporium.htm)>(15 oct. 2005).

VAN DE CRAAF, P.; LEES, A.; WALE, S. y DUNCAN, J. 2005. Effects of soil inoculum level and environmental factor son potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea*. Plant Pathology (Inglaterra) 54: 22-28.

WATERER, D. 2002. Management of common scab of potato using planning and harvest dates. Canadian Journal Plant Science (Canadá). 82: 185-189.

- WEINHOLD, A.; BOWMAN, T. y HALL, D. 1982. *Rhizoctonia* disease of potato: effect on yield and control by seed tuber treatment. Plant Disease (USA) 66: 815-818.
- WILCOCKSON, S.; ALLEN, E.; SCOTT, R. y WURR, D. 1985. Effects of crop husbandry and growing conditions on storage losses of Pentland Crown potatoes. Journal of Agricultural Science (Inglaterra). 105: 413-435.
- WILSON, C.; RANSON, L. y PEMBERT, M. 1999. The relative importance of seed-borne to common scab disease of potato and the efficacy of seed tuber and soil treatments for disease control. Journal Phytopathology (Alemania) 147:13-18.
- WILSON, C.; PEMBERT, B. y RANSOM, L. 2001. The effect of irrigation strategies during tuber initiation on marketable yield and development of common scab disease of potato in Russet Burbank in Tasmania. Potato Research (Alemania) 44:243-251.

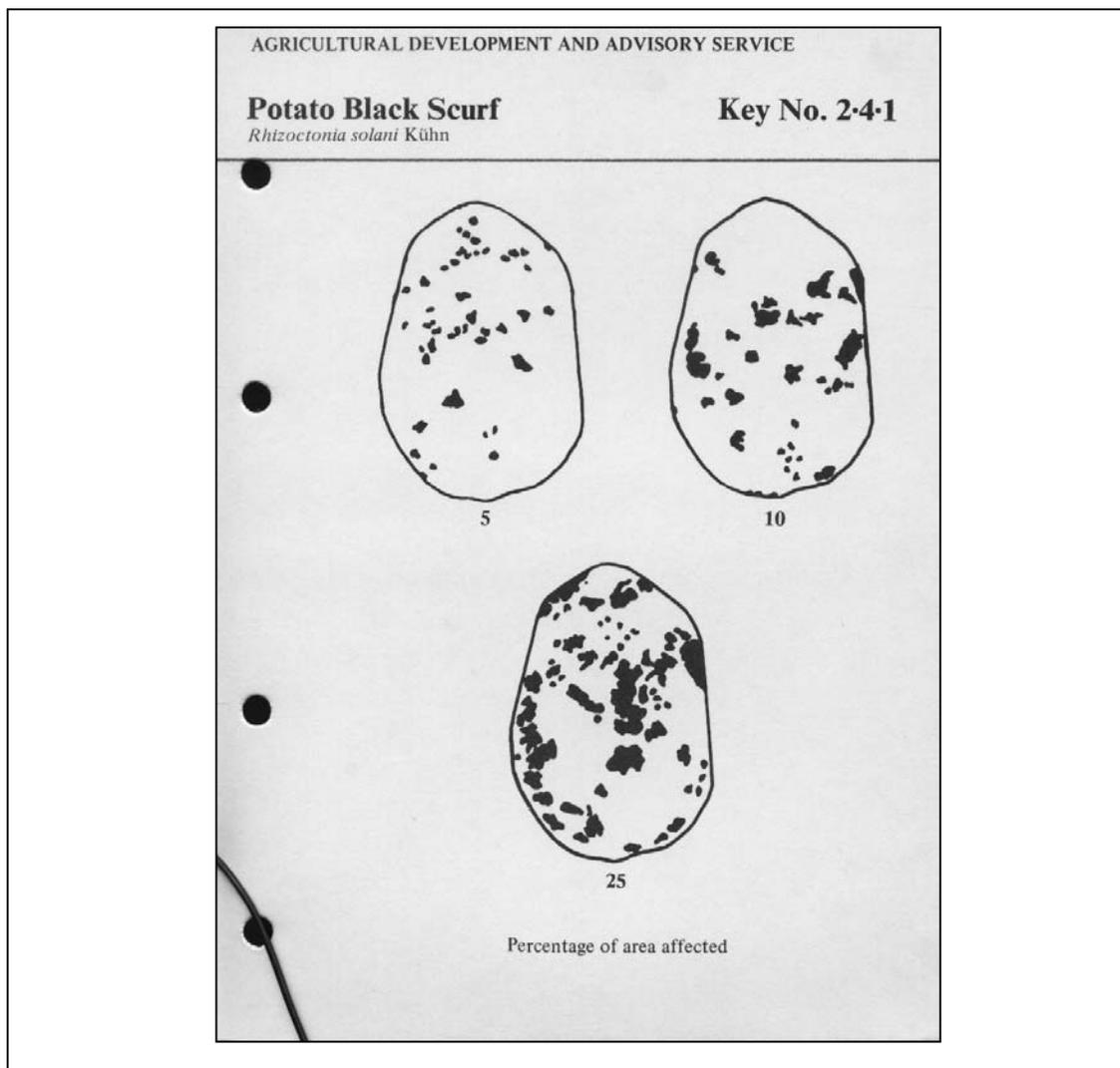
Anexos

**ANEXO 1 Datos meteorológicos, promedios de octubre 2003 a julio 2004 y la media histórica.**

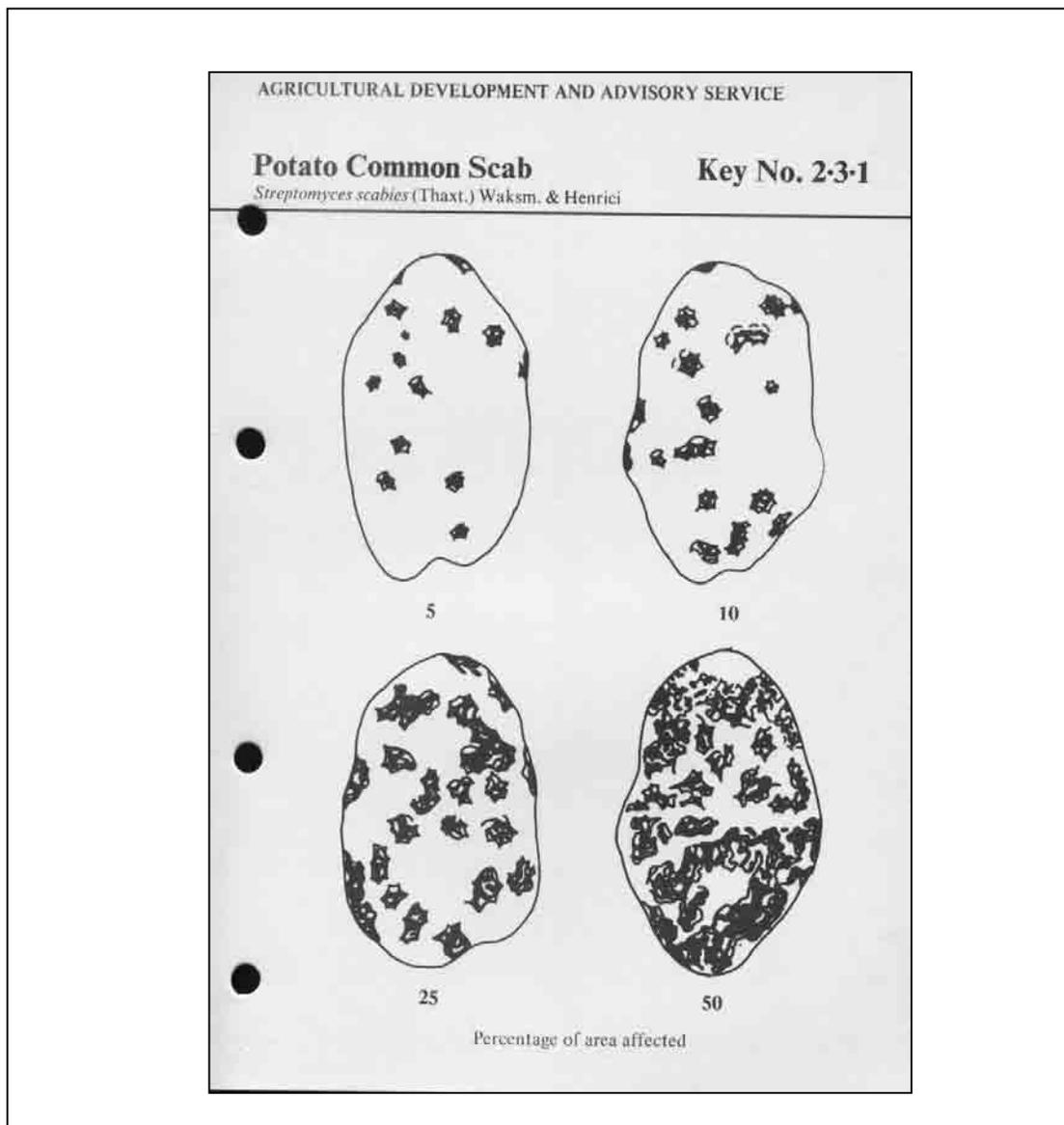
Época crecimiento	Temperatura media (°C)	Media histórica (°C)	Temperatura máxima (°C)	Media histórica (°C)
1era época	15	15	24	21
2da época	14	14	20	19
3era época	13	13	18	18

Época crecimiento	Temperatura mínima (°C)	Media histórica (°C)	Humedad relativa (%)	Media histórica (%)
1era época	11	10	73	71
2da época	10	9	76	75
3era época	9	9	80	78

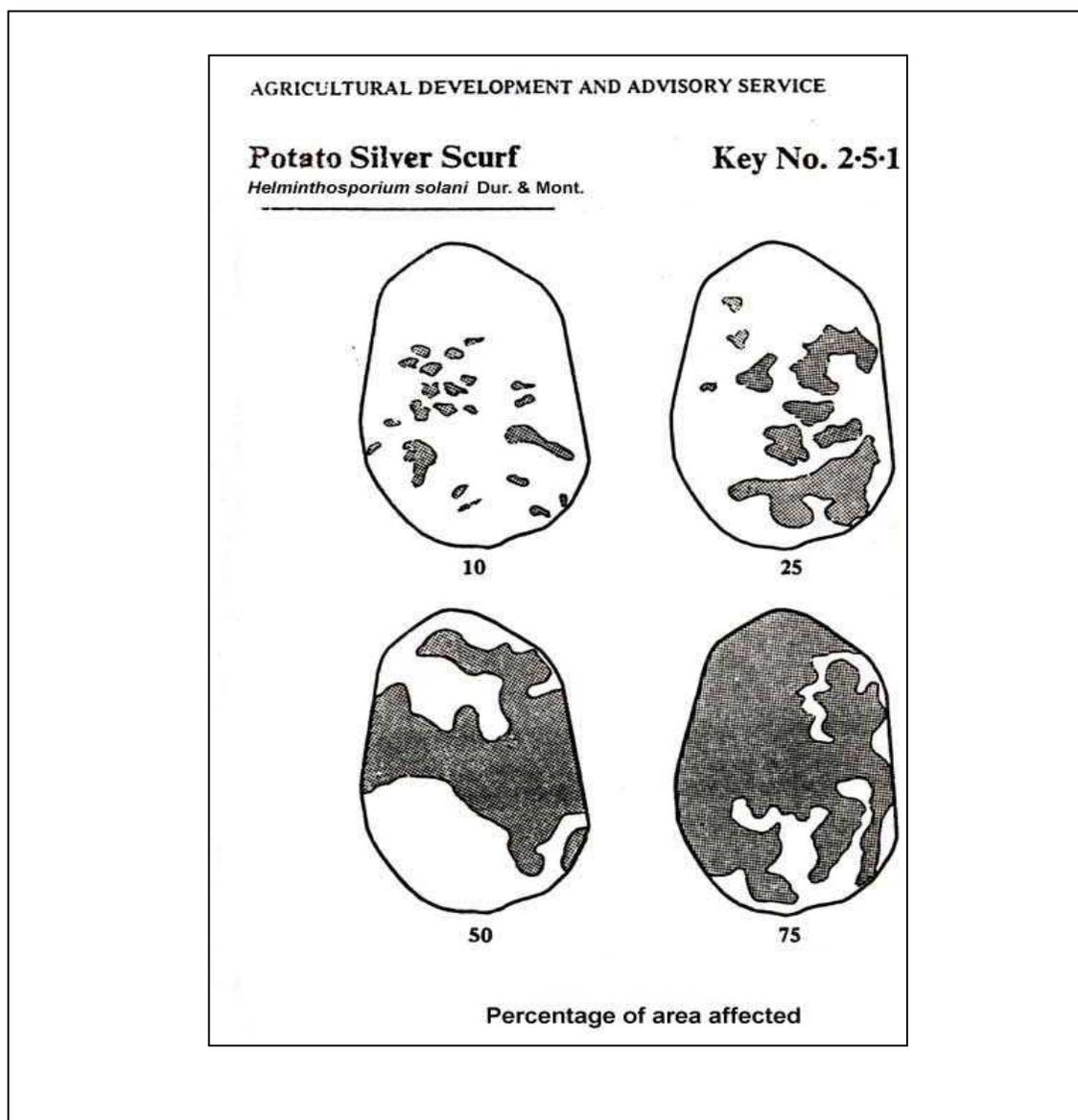
Época crecimiento	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa (%)
Noviembre del 2003	14.3	19.3	10.3	70%.

**ANEXO 2 Escala de evaluación de costra negra.**

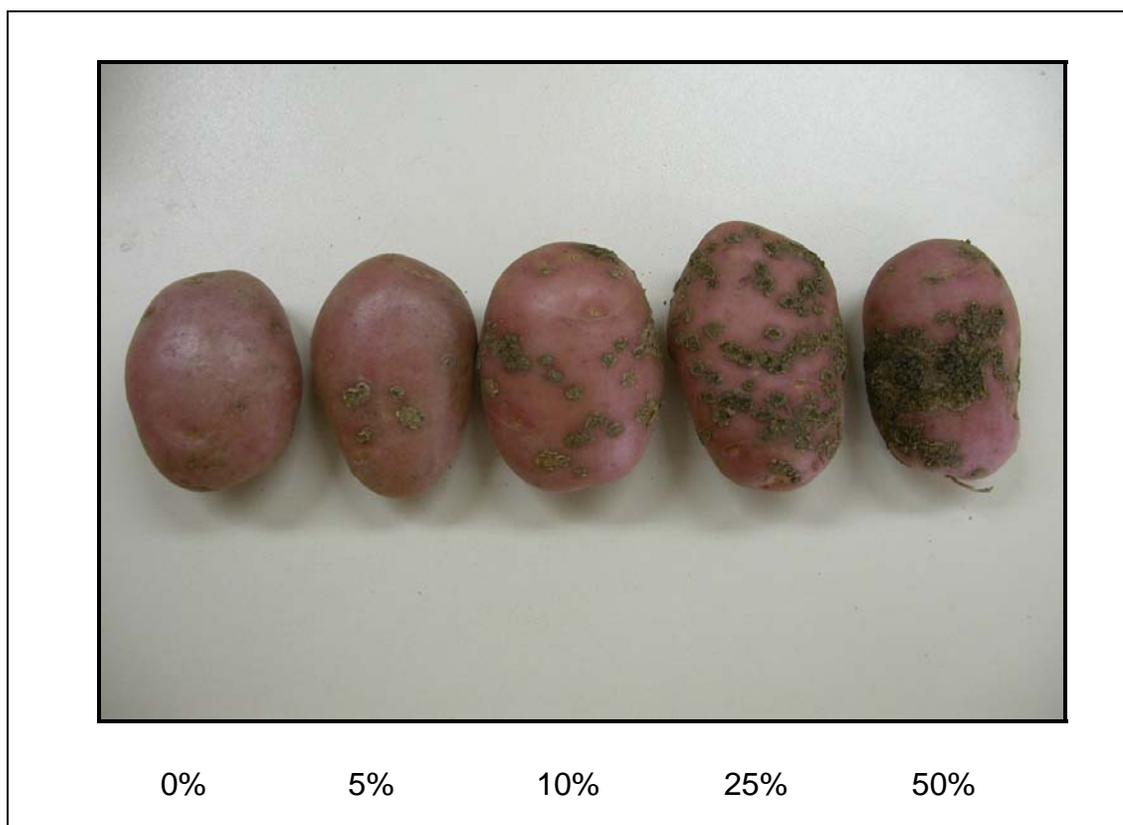
FUENTE: GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1979).

**ANEXO 3 Escala de evaluación de sarna común.**

FUENTE: GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1979).

**ANEXO 4 Escala de evaluación de sarna plateada.**

FUENTE: GREAT BRITAIN, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1979).

**ANEXO 5 Escala de evaluación de sarna polvorienta.**

FUENTE: UACH (2002 a).

**ANEXO 6 Ficha técnica cv Desirée.**

Origen	Urgenta x Depesche
Creador y propietario	Origen Holanda
Año inscripción	1962
Clasificación	Consumo fresco y procesamiento
<b>Descripción</b>	
Forma del tubérculo	Oval alargado
Ojos	Superficiales
Piel	Rosada
Pulpa	Amarillo claro
Planta	Desarrollo intermedio, semierecta, buen vigor, follaje de color verde, presenta flores de color rosado pálido
<b>Características</b>	
Rendimiento	Alto
Materia seca	Aproximadamente 22% en el secano zona sur de Chile
Madurez	Semitar día (145-150) en plantaciones de octubre en el sur de Chile
Enfermedades	Buena resistencia a virus Y de la papa (PVY) y moderadamente susceptibilidad al virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV). Susceptible a sarna común ( <i>Streptomyces scabies</i> ). Medianamente resistente a costra negra ( <i>Rhizoctonia solani</i> )
Almacenamiento	Bueno, tiene un período de reposos de 4-5 meses
Calidad para consumo	Buena calidad culinaria, resistente a cocción, de sabor neutro
Utilización	Adecuado para guarda

FUENTE: CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS s.f.

**ANEXO 7 Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) ( $\sqrt{x+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia costra negra), utilizando tubérculo-semilla sano y con costra negra en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Época de cosecha	0,79	2	0,395	1,30	0,3147
B: Sanidad del tubérculo	14,58	1	14,58	48,01	**0,0000
C: Repeticiones	0,303333	2	0,151667	0,50	0,6212
A X B	0,63	2	0,315	1,04	0,3896
Residuo	3,03667	10	0,303667		
Total	19,34	17			

\*\* Indica diferencias estadísticas altamente significativas.

**ANEXO 8 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *R. solani* (5,10, 25%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée al utilizar tubérculo-semilla sano y con costra negra en la plantación, en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Epoca de cosecha	0,111111	2	0,0555556	0,74	0,4850
B: Sanidad del tubérculo	0,462963	1	0,462963	6,16	*0,0182
C: Incidencia de la enfermedad	3,0	2	1,5	19,96	**0,0000
D: Repeticiones	0,111111	2	0,0555556	0,74	0,4850
Interacción					
A X B	0,037037	2	0,0185185	0,25	0,7830
A X C	0,222222	4	0,0555556	0,74	0,5719
B X C	0,9259260	2	0,462963	6,16	**0,0052
A X B X C	0,0740741	4	0,0185185	0,25	0,9099
Residuo	2,55556	34	0,0751634		
Total	7,5	53			

\* Indica diferencias estadísticas significativas.

\*\* Indica diferencias estadísticas altamente significativas.

**ANEXO 9 Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna común) en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Época de cosecha	0,908889	2	0,454444	0,85	0,4942 NS
B: Repeticiones	0,862222	2	0,431111	0,80	0,5096 NS
Residuo	2,15111	4	0,537778		
Total	3,92222	8			

NS: Indica que no hay diferencias estadísticas.

**ANEXO 10 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* (5, 10, 25, 50%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée, en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Época de cosecha	0,291667	2	0,145833	3,75	*0,0396
B: Incidencia de la enfermedad	3,89194	3	1,29731	33,38	**0,0000
C: Repeticiones	0,0516667	2	0,0258333	0,66	0,5244
Interacción					
A X B	0,857222	6	0,14287	3,68	*0,0111
Residuo	0,855	22	0,0388636		
Total	5,947	35			

\* Indica diferencias estadísticas significativas.

\*\* Indica diferencias estadísticas altamente significativas.

**ANEXO 11 Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (kg) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna plateada) en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Época de cosecha	0,108889	2	0,054444	19,60	*0,0086
B: Repeticiones	0,0155556	2	0,00777778	2,8	0,1736
Residuo	0,0111111	4	0,00277778		
Total	0,135556	8			

\* Indica diferencias estadísticas significativas.

**ANEXO 12 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* (10, 25, 50, 75%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée , en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Epoca de cosecha	0,270556	1	0,135278	1,49	0,2465
B: Incidencia de la enfermedad	5,06972	3	1,68991	18,66	**0,0000
C: Repeticiones	0,0538889	2	0,0269444	0,30	0,7456
Interacción					
A X B	2,93611	6	0.489352	5,40	*0,0015
Residuo	1,99278	22	0.0905808		
Total	10,3231	35			

\* Indica diferencias estadísticas significativas.

\*\* Indica diferencias estadísticas altamente significativas.

**ANEXO 13 Análisis de varianza (ANDEVA). Rendimiento comercial (t/ha) ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée cosechados sanos (0% de incidencia de sarna polvorienta) en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Época de cosecha	0,464267	2	0,232133	0,38	0,70497 NS
B: Repeticiones	0,273867	2	0,136933	0,23	0,8077 NS
Residuo	2,43022	4	0,607567		
Total	3,1684	8			

NS: Indica que no hay diferencias estadísticas.

**ANEXO 14 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. subterranea* (5, 10, 25%) sobre el rendimiento comercial kg ( $\sqrt{X+1}$ ) de tubérculos de papa cv. Desirée, en tres épocas de cosecha.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Epoca de cosecha	0,166667	2	0,0833333	1,57	0,2302
B: Incidencia de la enfermedad	3,0	3	1,0	18,86	**0,0000
C: Repeticiones	0,166667	2	0,08333333	1,57	0,2302
Interacción					
A X B	0,5	6	0,08333333	1,57	0,2025
Residuo	1,16667	22	0,0530303		
Total	5,0	35			

\*\* Indica diferencias estadísticas altamente significativas.