



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

**Aproximación de la patogénesis de *Helminthosporium solani* Dur & Mont
en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Hawkes)
durante el almacenaje.**

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

Patricia Del Pilar Navarro Gutiérrez

Valdivia Chile 2002

PROFESOR PATROCINANTE:

Luigi Ciampi P.

Ing. Agr., M.Sc., Ph. D.

PROFESORES INFORMANTES:

Andrés Contreras M.

Ing Agr.

Ricardo Fuentes P.

Ing. Agr., M. Sc.

AGRADECIMIENTOS

Hoy, que comienza una nueva etapa en mi vida profesional, agradezco:

A mis profesores: Luigi Ciampi, Ricardo Fuentes y Andrés Contreras, sin los cuales no habría sido posible la realización de esta tesis.

A mis padres Moisés Navarro, por tu paciencia y confianza en que pronto llegaría este gran día. A mi bella Rosa Gutiérrez, mi mano derecha y mi consejera en las decisiones importantes de mi vida y, por supuesto, a mi hermana la “nena”.

A Miguel Arango, por tu “compañía” incondicional, tus consejos y tu apoyo que me ayudaron a salir a flote en los momentos de naufragio diciéndome “tu saldrás bien de esta ... ya verás”

A Don Juan, la Malín, el Cuato, la Jana, la Marce, la Vero, la Carmen Gloria, la Carolinche, la Sandra, quienes sin duda fueron mi segunda familia en valdivia.

A mis amigos y compañeros: la Tania Carillo, Daniela Navarro, Cristina Guardiola, Carola Villalobos, Lorena Cancino, Viviana Valdivia, Solange Faulbaum, el leo, el toto y todos mis compañeros de misión Producción y Sanidad Vegetal.

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Importancia del cultivo de la papa	3
2.2	Importancia de la calidad y sanidad en el tubérculo de papa	6
2.3	Producción de papa semilla	7
2.3.1	Variedades de papa semilla utilizadas en Chile	7
2.3.2	Variedad utilizada en el estudio	8
2.4	Enfermedades que afectan la papa causadas por microorganismos	9
2.4.1	Enfermedades que afectan la piel de los tubérculos de papa	10
2.4.1.1	Sarna negra o Rizoctoniasis	11
2.4.1.2	Sarna común	11
2.4.1.3	Sarna plateada	11
2.4.1.4	Sarna pulverulenta	11
2.4.2	Sarna plateada en tubérculos de papa	12
2.5	<i>Helminthosporium solani</i>	13
2.5.1	Clasificación taxonómica	13
2.5.2	Signos del hongo	13
2.5.3	Desarrollo del hongo sobre tejidos del tubérculo de papa	14
2.5.4	Ciclo de la enfermedad	17
2.5.5	Síntomas de la enfermedad	18
2.5.6	Importancia de la enfermedad	19
2.5.7	Control de <i>H. solani</i>	21
2.5.7.1	Métodos químicos	22
2.5.7.2	Otros métodos	23

Capítulo		Página
3	MATERIAL Y MÉTODO	24
3.1	Origen de las muestras de tubérculos de papa	24
3.1.1	Caracterización de la empresa SZ	24
3.2	Materiales	25
3.2.1	Material biológico	25
3.2.2	Materiales de laboratorio	25
3.3	Método	26
3.3.1	Selección de los tubérculos de papa	26
3.3.2	Limpieza y selección de los tubérculos en el laboratorio	26
3.3.3	Clasificación de tubérculos según el grado de enfermedad presente	27
3.3.4	Disposición del material para el ensayo	28
3.3.4.1	Preparación del material biológico	28
3.3.4.2	Preparación del material para laboratorio	29
3.3.4.3	Disposición y ubicación de los tubérculos durante el ensayo	29
3.3.5	Mediciones realizadas a los tubérculos en estudio	30
3.3.5.1	Número y fecha de las distintas mediciones realizadas durante la etapa experimental del estudio	30
3.3.5.2	Parámetros medidos en el ensayo	31
3.4	Evaluación de parámetros relacionados con la evolución y respuesta a la enfermedad durante el almacenaje	31
3.4.1	Evaluación del peso de tubérculos infestados por <i>H. solani</i>	32
3.4.2	Evaluación del diámetro ecuatorial y polar de los tubérculos infestados por <i>H. solani</i>	33
3.4.3	Evaluación de la turgencia en tubérculos infestados por <i>H. solani</i>	33
3.4.4	Evaluación del número de brotes en tubérculos infestados por <i>H. solani</i>	34

Capítulo		Página
3.4.5	Evolución de la enfermedad en tubérculos de papa infestados por <i>H. solani</i>	35
4	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1	Incidencia de <i>H. solani</i> sobre la pérdida de peso, presentada en tubérculos de papa cv. Monalisa, según nivel de infestación y tiempo de almacenaje	36
4.2	Incidencia de <i>H. solani</i> sobre el diámetro ecuatorial en tubérculos de papa cv. Monalisa para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días)	39
4.3	Incidencia de <i>H. solani</i> sobre el diámetro polar, en tubérculos de papa cv. Monalisa, para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días)	42
4.4	Incidencia de <i>H. solani</i> sobre la turgencia de tubérculos de papa cv. Monalisa, para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días)	45
4.5	Incidencia de <i>H. solani</i> sobre el número de brotes en tubérculos de papa cv. Monalisa	49
4.6	Peso de brotes al final del estudio	51
4.7	Avance de la enfermedad durante el período de estudio	52
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
6	CONCLUSIONES	71
7	RESUMEN	73
	SUMMARY	74
8	BIBLIOGRAFÍA	75
9	ANEXOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página	
1	Chile. Superficie (ha) y producción (t) de papas en comparación a otros cultivos anuales para los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002	4
2	Antecedentes sobre el cultivo, producción y comercio de la papa en Chile	4
3	Enfermedades de la papa y su potencial impacto	9
4	Cultivar, kg cosechado y % de sarna plateada en diferentes variedades de papas producidas y utilizadas en Chile	10
5	Organización de los tubérculos en estudio, de acuerdo a su grado de infestación	28
6	Peso promedio por tubérculo (g), para cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> , entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa	37
7	Pesos promedio (g) por tubérculo, para seis tiempos de Almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> , en tubérculos de papa cv. Monalisa	38
8	Diámetro ecuatorial promedio por tubérculo (mm), para cuatro niveles de infestación por <i>H. solani</i> , entre seis tiempos de almacenaje, en tubérculos de papa cv. Monalisa	40
9	Diámetro ecuatorial promedio por tubérculo (mm), para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación por <i>H. solani</i> en tubérculos de papa cv. Monalisa	41
10	Diámetro polar promedio por tubérculo (mm), para cuatro niveles de infestación por <i>H. solani</i> , entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa	42

Cuadro		Página
11	Diámetro polar promedio por tubérculo (mm), para seis fechas de medición, respecto a cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> , en tubérculos de papa cv. Monalisa	43
12	Promedio de presión por tubérculo (Kg/cm ²), para cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> , entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa	46
13	Promedio de presión por tubérculo (Kg/cm ²), para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> en tubérculos de papa cv. Monalisa	47
14	Número de brotes promedio, para cuatro niveles de infestación entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos cv. Monalisa	49
15	Número de brotes promedio, para seis tiempos de almacenaje respecto a cuatro niveles de infestación con <i>H. solani</i> , en tubérculos de papa cv. Monalisa	50
16	Promedio de peso de brotes al final del estudio, en tubérculos de papa cv. Monalisa, para distintos niveles de infestación por <i>H. solani</i>	51
17	Promedio del porcentaje (%) de avance de <i>H. solani</i> , para cuatro niveles de infestación, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa	52
18	Promedio de porcentaje (%) de avance de <i>H. solani</i> para seis Tiempos de almacenaje (días) y cuatro niveles de infestación en tubérculos de papa cv. Monalisa	53

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Sección transversal del tubérculo de papa	14
2	Crecimiento de la conidia de <i>H. solani</i> entre las células de corcho	15
3	Crecimiento de la conidia de <i>H. solani</i> sobre la peridérmis	16
4	Incidencia de enfermedades en tubérculos de papa en la X Región Región	21
5	Niveles de infección 0% (Testigo), 10, 25 y 50% presentes en los tubérculos de papa utilizados en el estudio	27
6	Distribución experimental de los tubérculos en estudio, sobre jabs de madera, al interior de la cámara climática	30
7	Tubérculos infestados por <i>H. solani</i> . Testigo (0%), 10, 25 y 50% a los 15 días de almacenamiento	45
8	Daño producido por <i>H. solani</i> , sobre la superficie del tubérculo de papa. Tubérculos infestado en un 10%	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1	84
2	86
3	87
4	87
5	88
6	88
7	89
8	89
9	

almacenaje (días)

90

1. INTRODUCCION

La papa es uno de los productos más importantes dentro de la alimentación humana y animal debido principalmente a su gran aporte energético.

La gran importancia del tubérculo semilla en Chile, se debe a los grandes volúmenes que son cultivados y certificados. Producción que está destinada a proveer a los agricultores de las diversas áreas productivas del país y de América Latina.

Brasil es un importador de tubérculo semilla proveniente de Chile, siendo Monalisa el cultivar más requerido, para lo cual imponen un alto grado de exigencia respecto a su sanidad. Por otra parte, Chile se encuentra regido por una serie de normativas y controles en cada etapa productiva, la que es realizada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

A pesar de todas las prevenciones y control fitosanitario que se realizan, existe de igual forma, presencia de una serie de microorganismos e insectos, que afectan directamente la calidad del tubérculo.

Helminthosporium solani Dur.& Mont, agente causal de la “sarna plateada de la papa”, es un hongo que en un principio fue considerado importante en países como Estados Unidos, pero de relevancia secundaria para Chile.

Información del (SAG) X Región señala que, “sarna plateada” se encuentra presente en el 90% de los tubérculos de la producción de esta región. Constituye una enfermedad estética de la papa, que limita fuertemente

el producto etiquetado de uso nacional y de exportación, ya que disminuye la turgencia y el vigor.

Hoy, se ha determinado, que los daños causados a tubérculos durante el almacenaje en bodega, está cobrando cada vez mayor importancia. Este es un hongo poco estudiado en comparación a otros que afectan a la papa. Existe escasa información sobre la patogénesis y los daños económicos que produce.

Este trabajo plantea como hipótesis:

HIPOTESIS NULA (H_0): Tubérculos con infección natural de *H. solani* pierden más peso que aquellos sanos.

El objetivo principal de la siguiente investigación fue el de analizar la incidencia de *H. solani* sobre tubérculos de papa que son almacenados, por un período largo de tiempo.

Los objetivos específicos de este ensayo fueron:

- Evaluar la evolución del peso en tubérculos con distintos grados de la enfermedad a través del tiempo.
- Establecer la variación del diámetro ecuatorial y polar, en tubérculos que presentan distintos niveles de infestación a través del tiempo.
- Medir la turgencia en tubérculos con distintos niveles de infestación a través del tiempo.
- Determinar el número de brotes en tubérculos que presentan distintos niveles de infestación a través del tiempo, y peso de éstos al final del estudio.
- Determinar la evolución de la enfermedad, según distintos niveles de infestación, a través del tiempo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Importancia del cultivo de la papa.

La papa es un bien destinado al consumo interno de los países y solamente se comercializa una pequeña parte de la misma. En efecto, entre el período de 1990 y 2000, solamente un 2,7% del consumo aparente mundial se destinó a exportaciones, cifra que se ha mantenido constante durante todo el período (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA), 2001).

Actualmente, varios países en desarrollo se han involucrado cada vez más en el comercio internacional de la papa. Este fenómeno se debe en parte a la tendencia mundial hacia una reducción en los aranceles, en las barreras no arancelarias y al surgimiento de bloques comerciales regionales. Como consecuencia, muchos países necesitan acelerar el desarrollo y la difusión de tecnología para aumentar sus rendimientos si desean mantenerse competitivos en el emergente mercado global de la papa, durante los próximos años (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP), 1998).

Se presenta en el Cuadro 1, la superficie (ha) y producción (t) de papa/ha en relación a maíz y trigo en Chile. Respecto a la información entregada por este cuadro, es posible mencionar que el aumento de la superficie plantada con papas, en la temporada 2000/01, se explica por los precios relativamente altos en el mercado interno, en los meses de agosto a noviembre en Chile (TAPIA, 2002). Sin embargo, este autor también menciona, que los rendimientos de papa en Chile aún son bajos en comparación a los obtenidas por países como EE.UU. y Argentina, esto debido principalmente a la falta de uniformidad en la tecnología, utilizada por los distintos agricultores en este país.

CUADRO 1 Chile. Superficie (ha) y producción (t) de papas en comparación a otros cultivos anuales para los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

CULTIVO	1998/99		1999/2000		2000/2001		2001/2002	
	Superficie (ha)	Produc. (ton)	Superficie (ha)	Produc. (ton)	Superficie (ha)	Produc. (ton)	Superficie (ha)	Produc. (ton)
Maíz	60.465	624.037	59.957	652.019	63.110	778.498	61.360	s.i
Papa	338.583	994.694	391.580	988.220	414.000	1.210.044	426.100	s.i
Trigo	73.284	1.196.626	69.275	1.492.710	82.550	1.780.157	87.270	s.i

s.i: sin información.

FUENTE: Elaborado por OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA) (2002).

Según información extraída de ODEPA y citada por TAPIA (2002), el 93% de los productores de papa en Chile pertenecen al estrato pequeño empresarial y de subsistencia. En el Cuadro 2, se presentan los antecedentes acerca del cultivo de la papa en Chile, sus principales características en cuanto a superficie, producción y comercio.

CUADRO 2 Antecedentes sobre el cultivo, producción y comercio de la papa en Chile.

Superficie	65.000 – 83.000 ha
Rendimiento	8 – 70 ton/ha
Producción	1.000.000 – 1.400.000 ton
Papa semilla	195.000 – 249.000 ton
Industria	100.000 – 160.000 ton
Importaciones	11.700 ton valor \$ US 10.000.000
Exportaciones	2.000 – 3.000 ton
Perdidas	80.000 – 110.000 ton
Consumo per capita	45 – 50 Kg/habit/año
Producción IX y X Regiones	800.000 – 900.000 ton
Valor de la producción (cifra aproximada)	\$ 47.000.000.000 – USA \$ 104.000.000

FUENTE: INDAP-IICA (2000), citado por CONTRERAS 2000b.

A partir del cuadro anterior, es importante destacar, el amplio rango de rendimientos del cultivo de papa en Chile. Respecto a esto, TAPIA (2002), menciona que a nivel de productores existen diferencias notables en los rendimientos, y los productores más grandes obtienen mejores resultados en sus cosechas, principalmente debido a su acceso a mejores tecnologías de producción. Por otra parte CONTRERAS (2000b), señala que existe un gran problema en los rendimientos de la agricultura marginal, lo que es debido, principalmente a: mala calidad de papa-semilla, manejo inadecuado del cultivo (densidad de plantación, elección de suelo, preparación de suelo, cantidad y calidad de fertilizantes, profundidad de plantación, riego, labores culturales, eliminación de plantas anormales, almacenaje inadecuado, selección y comercialización).

La producción nacional es destinada fundamentalmente al mercado interno, mientras que las exportaciones han tenido un comportamiento variable. La baja cantidad de papa exportada por Chile (Cuadro 2), se debe principalmente a la alta exigencia, en la sanidad del tubérculo. Esta situación afecta la proyección internacional de la papa, sobre todo, de papa-semilla. Existen algunas limitaciones que dificultan el mercado externo a los pequeños agricultores: el escaso capital de operación, la falta de infraestructura y los altos volúmenes requeridos para concretar negocios, son problemas que deben ser resueltos (TAPIA, 2002).

Actualmente Chile ha realizado exportaciones de papa a Brasil, Venezuela, Uruguay y Argentina (CONTRERAS, 2000b). Brasil ha sido el principal mercado para la papa de consumo en el año 2001, con el 64 % del volumen exportado (TAPIA, 2002).

El mercado consumidor de papas en Chile es escasamente exigente en la calidad de los tubérculos que compra, admitiendo un margen muy amplio de

“papas” deformes, sarnosas, atizonadas, golpeadas, sucias, verdes (SCHNETTLER, 2000). El producto actual que se vende en los mercados, ferias y directamente a los productores, va plagado de defectos, como papas cortadas, magulladuras, podridas, verdeadas, deshidratadas, con tierra, enfermas, deformes. El consumidor no se da cuenta o no le interesa reparar que el precio de papa, por kilo de producto, termina elevándose a cantidades increíbles una vez desechadas las partes inservibles para cocinar (CONTRERAS, 2000a). Lo anteriormente mencionado, influye directamente, en las enormes pérdidas que deben enfrentar los productores y comercializadores de papa en Chile (Cuadro 2). Una de las principales causas, de dichas pérdidas, esta relacionada con el uso de semilla de mala calidad, lo que trae consigo, la presencia de un gran número de enfermedades que afectan la calidad del tubérculo (TAPIA, 2002).

2.2 Importancia de la calidad y sanidad en el tubérculo de papa.

La papa es utilizada como material de propagación (papa-semilla), para ser consumida o bien, destinada para ser procesada. Así la calidad más adecuada para cada fin es diferente (CONTRERAS, 2000a).

Según un documento presentado en el taller de coyuntura sobre rubro papa, en el año 2000 y citado por CONTRERAS (2000b), se indica que por efectos de deshidratación, pudriciones, brotación, baja calidad de los tubérculos y disminución en la cantidad y calidad de brotes en los tubérculos de papa, las pérdidas en Chile alcanzan alrededor de las 80.000 a 110.000 toneladas anuales.

En general, las mayores pérdidas son por enfermedades causadas por hongos del follaje, pero en algunas áreas, las que atacan a la base del tallo, las raíces y los tubérculos se han convertido en un problema mas grave aún (JARAMILLO, s/f).

2.3 Producción de papa semilla.

Chile cumple fielmente las exigencias impuestas, tanto nacional como internacionalmente, respecto a la producción de papa semilla. Esta es la que se exporta actualmente y es demandada por países de Latinoamérica debido a su excelente calidad (CONTRERAS. 2000b).

El MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) (1994), señala y define dos tipos de papa-semilla: certificada y corriente, las cuales deben ser producidas en la zona definida como área libre y por productores insertos en el SAG. Según información obtenida de FAO (2000), la producción de papa semilla en Chile, para 1999, fue de 89.936 toneladas métricas, cifra que aumentó a 94.665 t métricas para el año 2001.

En general, las ventas de tubérculo-semilla de papa de categoría certificada en Chile, no guardan relación con la superficie plantada con papa de consumo. Los principios que parecen explicar las ventas de tubérculo-semilla de categoría certificada, son más bien de naturaleza agroclimática y fitosanitaria (MONARES, A. 1988).

2.3.1 Variedades de papa-semilla utilizadas en Chile. En Chile, las variedades de mayor producción son: Desireé, Asterix, Baraka, Kennebec, Bintje, Monalisa. La distribución de la superficie por variedad, está basada fundamentalmente en la posibilidad de mercado y en la disponibilidad de tubérculos-semillas para sembrar en un momento dado (HIDALGO y RINCÓN, 1989).

Existe un listado de papa-semilla, registradas por el SAG (ver Anexo 1) y citado por SCHNETTLER (2000) (ver Anexo 1), que corresponden a papa-semilla certificada, producidas en Chile en los años 1999 y 2000. En este

listado, se presentan tanto características externas como internas de cada variedad, así también la reacción a enfermedades (grado de resistencia), y su aptitud culinaria.

2.3.2 Cultivar utilizada en el estudio. Monalisa, cultivar proveniente de la cruce: Bierma A 1287 x Colmo. Es un cultivar temprano a semi-temprano, piel amarilla, tubérculos de buen tamaño, oval-alargados algo arriñonados, ojos superficiales y la parte interna amarilla, de buen rendimiento y buena calidad culinaria. Follaje de desarrollo algo lento, cubriendo más tarde bastante bien el terreno. Sensible a sarna plateada, poco sensible a virus Y, inmune a virus A y sarna verrugosa y poco sensible a tizón tardío cultivar muy recomendado para siembras de papa en todo el país (SEMILLAS SZ SOCIEDAD ANONIMA, s/f).

Según SANTANA (1998), Monalisa, cultivar de origen holandés, se encuentra entre los cultivares más utilizadas por los países Latinoamericanos (principalmente Brasil).

Este cultivar ha ganado cada vez mayor preferencia en los cultivos de papa en Brasil, debido a sus excelentes cualidades culinarias. Es responsable del 55% del área cultivada de papa en este país, lo cual corresponde aproximadamente a 18 mil hectáreas (CENTRO AGROPECUARIO DE SAO MIGUEL ARCANJO, 1997).

Chile, es uno de los países que provee a Brasil de papa-semilla variedad Monalisa. En 1997 se plantó una superficie de 1.180 há, siendo considerada como una de las variedades más cultivadas en este país (HOOGENBOORN.1997).

2.4 Enfermedades que afectan la papa causadas por microorganismos.

Un gran número de enfermedades afectan los tubérculos de papa en desmedro de la producción y calidad de ésta (CONTRERAS,1994).

CUADRO 3 Enfermedades de la papa y su potencial impacto.

Enfermedad	Durante el cultivo	A la cosecha		Durante el almacenaje	
	emergencia irregular	Rendimiento total	calidad de la cosecha	pérdida de peso	pérdida de calidad
<i>Rhizoctonia solani</i>	****	****	***	●	*
<i>Streptomyces scabies</i>	●	*	***	●	●
<i>Colletotrichum coccodes</i>	*	***	*	*	**
<i>Fusarium spp.</i>	***	***	*	****	****
<i>Helminthosporium solani</i>	**	*	***	**	***
<i>Phoma exigua</i>	●	**	●	**	****
<i>Polyscytalum pustulans</i>	***	***	●	*	**

(*): bajo potencial de impacto (**) : mediano potencial de impacto (***) : alto potencial de impacto

(****): muy alto potencial de impacto

● Cero impacto

FUENTE: Extraído de SCHNETTLER,(2000).

En el Cuadro 3, es posible observar que los agentes pueden concentrar su acción perjudicial esencialmente durante el desarrollo del cultivo en el campo, y otros son principalmente perjudiciales durante el almacenaje de los tubérculos en bodegas.

2.4.1 Enfermedades que afectan la piel de los tubérculos de papa. El tubérculo de papa se encuentra formado entre un 63 - 86% de agua (CONTRERAS, 2001). Un gran número de enfermedades afecta directamente al tubérculo produciendo fuertes deshidrataciones en estos (RODRIGUEZ *et al.*, 1996).

La causa del bajo rendimiento en calidad de los tubérculos de papa se debe al complejo de enfermedades de la piel como son, sarna común, sarna plateada, rizoctonia y nemátodo del nudo, que pueden afectar hasta en un 25% de la producción (CONTRERAS, 2000b).

A continuación en el Cuadro 4, se presentan los antecedentes obtenidos en la empresa productora de semillas SZ de Frutillar, referidos a determinar el porcentaje (%) de sarna en 8 cultivares comerciales de papa producidas en Chile.

CUADRO 4 Cultivar, kg. Cosechados y % de sarna* en diferentes cultivares de papa producidos y utilizados en Chile.

Cultivar	Cosecha (kg)	Sarna (%)
Amadeus	58.318	9,68
Asterix	773.967	20,44
Baraka	132.758	4,27
Bintje	56.405	8,33
Cardinal	2.208.037	13,91
Desireé	208.859	12,04
Kennebec	290.386	10,30
Monalisa	1.275.314	11,92

*Incluye sarnas común, plateada y negra.

FUENTE: Extraído del MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE (SAG)(2000). Con información de Empresa Semillas SZ.

2.4.1.1 Sarna negra o Rizoctoniasis. Su agente causal corresponde a *Rhizoctonia solani* (Kühn) y posee una importancia relativa secundaria en Chile. Es frecuente en el sur de Chile y leve a moderada en la zona central afectando la presentación de tubérculos. (APABLAZA, 1999).

En tubérculos de papa, causa síntomas característicos denominados “costra negra”, en los cuales aparecen pequeños esclerocios negros y endurecidos sobre la superficie del tubérculo, o bien una “sarna en roseta”, en la cual la cáscara se endurece de acuerdo a un modelo de entrecruzado que se asemeja superficialmente a la sarna común de la papa (AGRIOS, 1996).

2.4.1.2 Sarna común. Su agente causal corresponde a la bacteria *Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman & Henrici, y posee una importancia secundaria a moderada en Chile. Esta alcanza niveles relevantes en forma localizada en la zona central y daña la presentación y comercialización de tubérculos (APABLAZA, 1999).

Este patógeno habita el suelo y está formado por hifas delgadas y ramificadas que carecen de tabiques celulares con dimensiones de 0,5 a 2 μm en diámetro (AGRIOS, 1996).

2.4.1.3 Sarna plateada. Su agente causal corresponde al hongo *Helminthosporium solani* Dur & Mont y su importancia en Chile es secundaria (APABLAZA, 1999), aunque esta cada vez aumenta más, debido a los daños estéticos que produce sobre la superficie del tubérculo (SHETTY *et al.*, 1996).

2.4.1.4 Sarna pulverulenta. Su agente causal corresponde a *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerth, y posee una importancia relativa secundaria localizada (APABLAZA, 1999).

Es una enfermedad causada por un hongo plasmodiophoromycete. Este, se encuentra ampliamente distribuido en el suelo donde inverna como espora de reposo (AGRIOS, 1996).

2.4.2 Sarna plateada en tubérculos de papa. La sarna plateada, fue primero descubierta en Austria en 1781. El primer informe de la enfermedad, en Estados Unidos, fue desde Connecticut en 1908 (SMITH, 1978). Otros autores mencionan que los informes se realizaron más tarde en 1914, pero que para entonces su agente causal era formalmente conocido como *Spondylocladium atrovirens* HARZ (KIRAN *et al.*, 1996).

Es una de las enfermedades de importancia fundamentalmente económica, y produce una de las mayores pérdidas en la calidad de los tubérculos de papa (Hooker 1981 y; Oerke *et al.*, 1994, citado por JERGER *et al.*, 1996).

El patógeno que produce la sarna plateada (*Helminthosporium solani*), en Chile no ha sido estudiado en profundidad. Su presencia se manifiesta como un plateado sobre los tubérculos, el cual se desarrolla preferentemente en el almacenaje afectando la calidad del tubérculo. Síntomas son más evidentes por la comercialización del tubérculo libre de restos de tierra y especialmente en los cultivares de piel roja. Es el hongo que más incidencia ha tenido sobre la papa en Chile. Ha pasado de ser un agente intrascendente a uno de gran relevancia. A medida que las lesiones son más amplias sobre la piel del tubérculo, la pérdida de humedad se incrementa, no existiendo antecedentes sobre daños a la planta (Hooker, 1990, citado por MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. (SAG) (2000).

2.5 *Helminthosporium solani*.

Agente patógeno, que causa la sarna plateada, en tubérculos que son almacenados por períodos largos. Causa importantes pérdidas económicas, produciendo una de las enfermedades más devastadoras en bodega debido a la deshidratación y pérdida de calidad de los tubérculos. Se halla presente en todas las áreas importantes donde se cultiva papa (AGRIOS, 1996).

La enfermedad es conocida con varios nombres como: Fleckenkrankheit, Phellomyces-Faüle, Scab, Dry rot, Gale argentee (Silver scab), y finalmente Silver scurf, nombrado por Melhus en 1913 (SMITH, 1978).

2.5.1 Clasificación taxonómica. A continuación se presenta la clasificación taxonómica del hongo *Helminthosporium solani*. Según AGRIOS (1997):

- DOMINIO : Eucariota
- REINO : Fungi
- PHYLUM : Ascomicota
- CLASE : Ascomycetos filamentosos
- SUB CLASE : Deuteromycetes
- GÉNERO : *Helminthosporium*
- ESPECIE : *solani*

2.5.2 Signos del hongo. *Helminthosporium solani*, denominación actual, es un hongo mitospórico de micelio septado, ramificado, que toma una coloración castaña a café negruzca con la edad. Los conidióforos, son septados sin ramificaciones, sobre los cuales se forman las conidias en disposición verticilada a partir del extremo distal de las células. La conidias tiene 8 pseudoseptas, miden 7 a 11 x 24 a 85 micras, son de color castaño oscuro, redondeadas en la base y con una cicatriz negruzca y aguda en el vértice (Ellis, 1971 y Hawksworth *et al* ,1995; citado por MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SAG. (2000).

2.5.3 Desarrollo del hongo sobre los tejidos del tubérculo de papa. CONTRERAS (1994), menciona que las principales estructuras que forman la parte externa del tubérculo son: brotes, rizoma o estolón, lenticelas (por donde el órgano respira y transpira), yemas u ojos (por donde saldrán los nuevos brotes). La sección transversal del tubérculo (ver Figura 1), (está formada por: epidermis (cutícula ó piel que puede ser rosada, amarilla, morada o de dos colores), corteza (endodermis), peridérmis, anillo vascular (xilema), médula externa y médula interna (CONTRERAS, 1997).

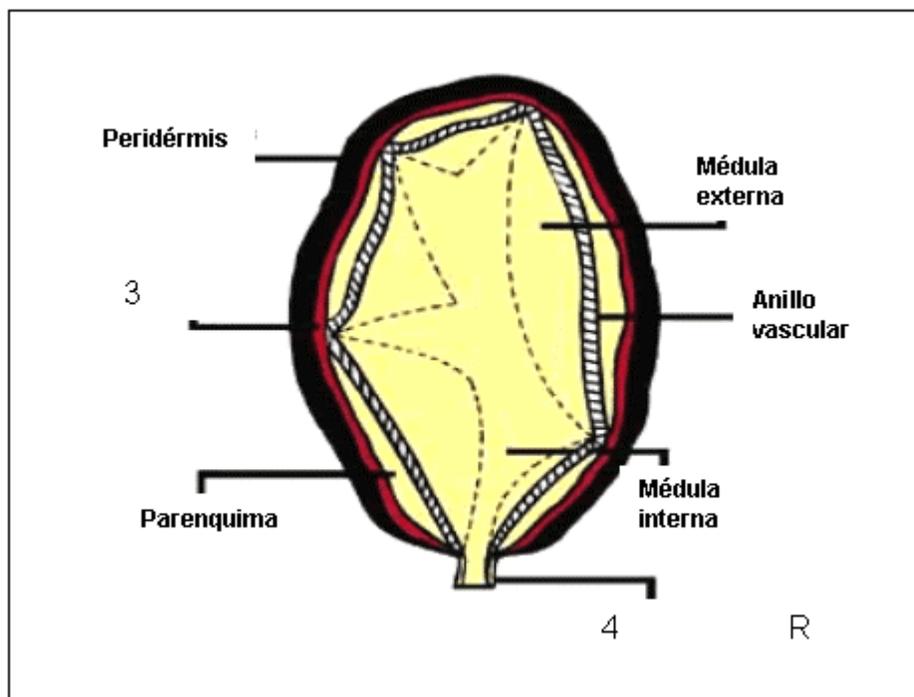


FIGURA 1. Sección transversal de tubérculo de papa.
FUENTE: Extraído de CONTRERAS (1994).

A continuación en las Figuras 2 y 3, se presenta el desarrollo de *Helminthosporium solani*, sobre la peridérmis de tubérculos de papa. En la

Figura 2, es posible observar el crecimiento del hongo entre las células de corcho, que se encuentra representado por: A) bifurcación del tubo germinativo B) una de las bifurcaciones forma el apresorio C) hifa penetrando la pared de las células de corcho, en la superficie de la peridérmis D) proliferación de la hifa entre las células E) hifa penetrando la pared de las células F) estroma rudimentario G) conidióforo emerge entre las células de corcho H) conidiofóro rompe la superficie de la peridérmis, emerge, y se desarrolla. Posteriormente emergen las conidias.

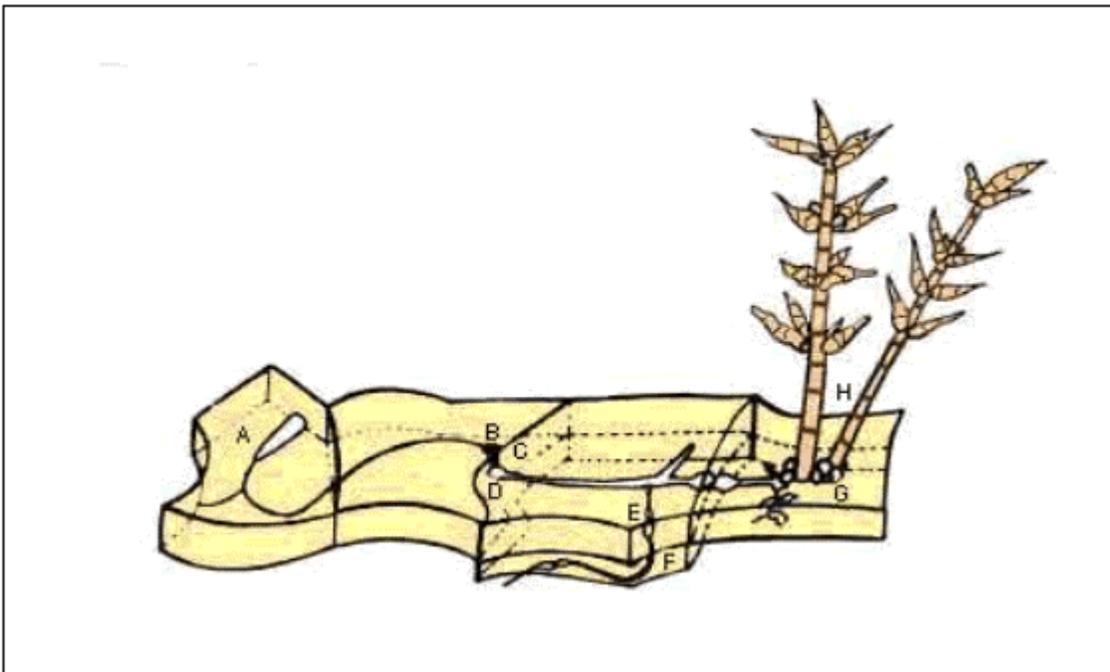


FIGURA 2 Crecimiento de conidióforos de *H. solani* entre las células de corcho.

FUENTE: HEINY y McINTYRE (1983).

En la Figura 3, se observa el crecimiento de *H. solani* sobre la peridérmis representado por: A) germinación de la conidia en la peridérmis B) crecimiento de la hifa a partir del apresorio C) base del conidióforo D) la hifa, que va desde la base del conidióforo eventualmente puede penetrar hacia la

superficie de la peridérmis E) germinación de una conidia produciendo un tubo germinativo F) desarrollo directamente a través de un estroma rudimentario G) conidióforos en la superficie de la peridérmis H) desarrollo del estroma.

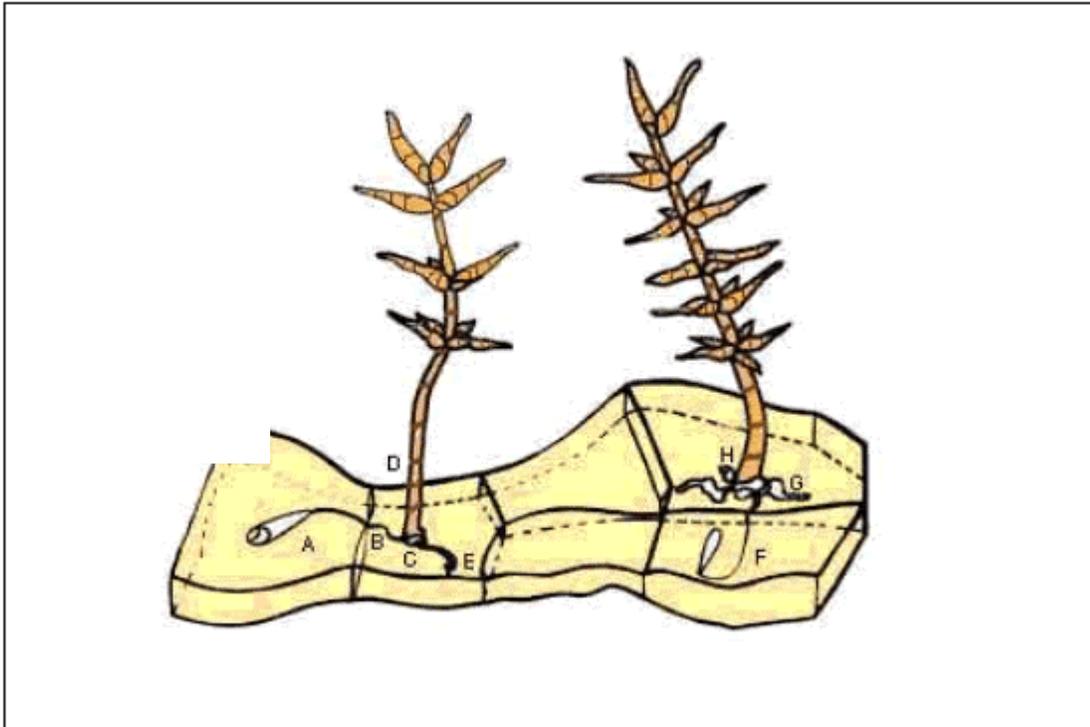


FIGURA 3 Crecimiento de conidióforos de *H. solani* sobre la peridérmis.
FUENTE: HEINY y McINTYRE (1983).

Para el desarrollo de la enfermedad, se requiere la presencia de alta humedad. Las condiciones mínimas para la infección son 3°C y 90% HR; MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE (SAG). (2000).

La propagación del hongo se desarrolla por medio de conidias, que germinan a través de la formación de un apresorio e hifas. Estas se encuentran sobre o en la epidermis y crecen al interior de las células de la peridérmis. Eventualmente, las hifas se acortan, se juntan y forman una masa

que dará lugar a un estroma rudimentario. Sobre este crecen grupos de conidióforos, los que salen a la superficie del tubérculo. El número de conidióforos es variable. Cada conidióforo lleva 20 a 30 conidias, las cuales su vez toman un aspecto verticilado (Melhus, 1913 y Heiny *et al.*, 1983, citado por RODRIGUEZ *et al.*, 1995).

2.5.4 Ciclo de la enfermedad. La enfermedad, puede ser introducida a través de semillas infestadas y la infección de una nueva progenie de tubérculos, puede ocurrir nueve semanas después de la plantación. Las esporas no son móviles, y el movimiento hacia los tubérculos es vía estolones, lo cual no ha sido bien documentado (SECOR, 2000). La infección de los tubérculos hijos suelen ocurrir sólo después de que el cultivo ha madurado completamente, siendo realizada la penetración del hongo vía lenticelas, o bien, directamente a través de la piel por medio de apresorios (Anexo 2) (SNOWDON, 1991).

El tubérculo semilla, es considerado la fuente primaria de inóculo (JELLIS y TAYLOR. 1977). Sin embargo, propagulos de *H. solani*, son capaces de sobrevivir en el suelo y causar infección (MERIDA y LORIDA, 1994; JELLIS y TAYLOR 1977). Este hongo, puede sobrevivir en el suelo, a través, de la materia orgánica en descomposición (SHETTY.K *et al.*, 1996). Se ha comprobado en estudios realizados por MERIDA y LORIA en (1994), que *H. solani* es capaz de colonizar tejidos senescentes in-vitro, lo cual indica, que éstos pueden tener una habilidad saprofítica natural en el suelo (OLIVIER *et al.*, 1998). Estos autores, mencionan además, que producto de lo anterior, se forman estructuras de resistencia que serán la potencial fuente de infección para el nuevo ciclo de infestación.

El hongo, se disemina principalmente en el almacenaje, desde los tubérculos enfermos hacia los sanos, provocando infecciones más severas, en aquellos tubérculos con heridas (HOOKER, 1981). El máximo desarrollo y expansión de la enfermedad, se produce durante las 2 a 3 primeras semanas de almacenaje (período de curado) (KIRAN *et al.*, 1996).

En el tubérculo, el hongo puede esporular entre un rango de temperatura que va entre los 2 - 27°C, retardándose su crecimiento a los 9°C. La humedad relativa, también es un factor importante en la esporulación, siendo abundante con HR que van en un rango entre 85%-100% (RODRIGUEZ *et al.*, 1996). La propagación de las esporas, se produce al interior de la bodega, y se ve incrementada con el movimiento de los tubérculos, y la manipulación de estos. Por otra parte, corrientes de aire, producto de la ventilación al interior de la bodega, también aumenta la dispersión de esporas en el ambiente (LENNARD, 1980).

2.5.5 Síntomas de la enfermedad. La sarna plateada, se caracteriza por la presencia de manchas pardas desarrolladas en el tubérculo, algunas veces, confinado hacia los extremos y después mas ampliamente distribuido. Estas manchas, aumentan su tamaño rápidamente cuando la superficie del tubérculo se encuentra húmeda (SNOWDON, 1991). Estas pueden ser grisáceas, platinadas, puntuaciones negras, lo cual lleva a la pérdida de viabilidad del tubérculo (LATORRE, 1988). Bajo estas condiciones se desarrolla una cubierta negra, en forma de ollín, que corresponde al micelio del hongo (GUTIERREZ, 2000).

Los síntomas pueden no ser visibles sobre el tubérculo, hasta que éste es lavado. Estos son, especialmente distinguibles, en cultivares de colores (SNOWDON, 1991).

Las lesiones, son pequeñas al momento de la cosecha, pero estas se agrandan durante el almacenaje (Hooker, 1981; Merida *et al.*; 1994, citado por BAINS *et al.*, 1996). Si un gran porcentaje de la superficie es afectada, los tubérculos pueden arrugarse durante el almacenaje, por causa de excesivas pérdidas de humedad (HOOKER, 1981).

Las manchas, son generalmente agrupadas cercanas al estolón del tubérculo. Esto afirma la teoría, de que la enfermedad es transmitida a través del tubérculo semilla (ver Diagrama del ciclo del hongo en Anexo 2) (MAHONEY y CHIRST, 2001).

Las células de corcho de la peridérmis, que son invadidas por las hifas del hongo, pueden eventualmente desprenderse. Producto de la destrucción de la pared de estas células, se forman paquetes de aire entre aquellas dañadas. A estos paquetes de aire, se les acredita la apariencia casposa, que se produce sobre la superficie del tubérculo. De esta forma, se produce un incremento en la pérdida de agua desde la superficie del tubérculo (MERIDA y LORIA, 1994). La ruptura de la peridérmis, puede aumentar la susceptibilidad de los tubérculos a la infección de otras enfermedades en el almacenaje (ELSON *et al.*, 1997).

2.5.6 Importancia de la enfermedad. La enfermedad, tiene una importancia secundaria. Aunque no afecta a la calidad alimenticia del tubérculo, produce un efecto deletéreo sobre el aspecto y la comercialización de la papa, especialmente en los cultivares de piel roja (SMITH *et al.*, 1992).

La importancia directa de la acción de este hongo, en los tubérculos de papa, se debe al daño estético, producto de manchas plateadas que se encuentran en su superficie. Dicho plateado, posteriormente se traduce en una importante deshidratación, que implica una pérdida de peso y vigor (MAHONEY y CHRIST, 2001).

La sarna plateada, es una de las enfermedades más comunes que se presentan sobre los tubérculos de papa producidos en el sur de Chile. En el pasado, se le consideraba un problema de importancia económica menor. Sin embargo, en la actualidad, ha ido adquiriendo mayor importancia por el rechazo que puede ocasionar en la comercialización de papas, para los mercados externos, principalmente aquellos donde la papa es lavada antes de su venta (GUTIÉRREZ, 2000). A pesar de lo anterior, esta enfermedad no es considerada por las Normas Específicas de Certificación de Semillas de Papa, impuesta por el SAG en la Resolución 2403 y presentada por esta entidad en 1998 (MINISTERIO DE AGRICULTURA (SAG), 1999). En dichas normas, se mencionan las tolerancias máximas de enfermedades que son permitidas en tubérculos que serán exportados.

En la Figura 4, se presenta un gráfico, que muestra la incidencia de diferentes enfermedades en la X Región, y que afectan a tubérculos de papa. Entre estas, se observa que el mayor porcentaje de incidencia corresponde a sarna plateada.

La incidencia de sarna plateada, es aún mayor, cuando las papas son almacenadas por períodos largos (CALDERON, 1978).

En Chile no existe una normativa que regule el porcentaje de sarna plateada permitido, en el comercio nacional de papa semilla. Sin embargo, el mercado Brasileño, el principal comprador de papa semilla Chilena, solo permite un 2% de infección por sarna plateada sobre los tubérculos, los que en forma individual, no deben tener más de 1/8 de la superficie infestada¹.

¹ BERNER, R. (2002). Certificación de semilla de papa. Semillas SZ. Comunicación personal.

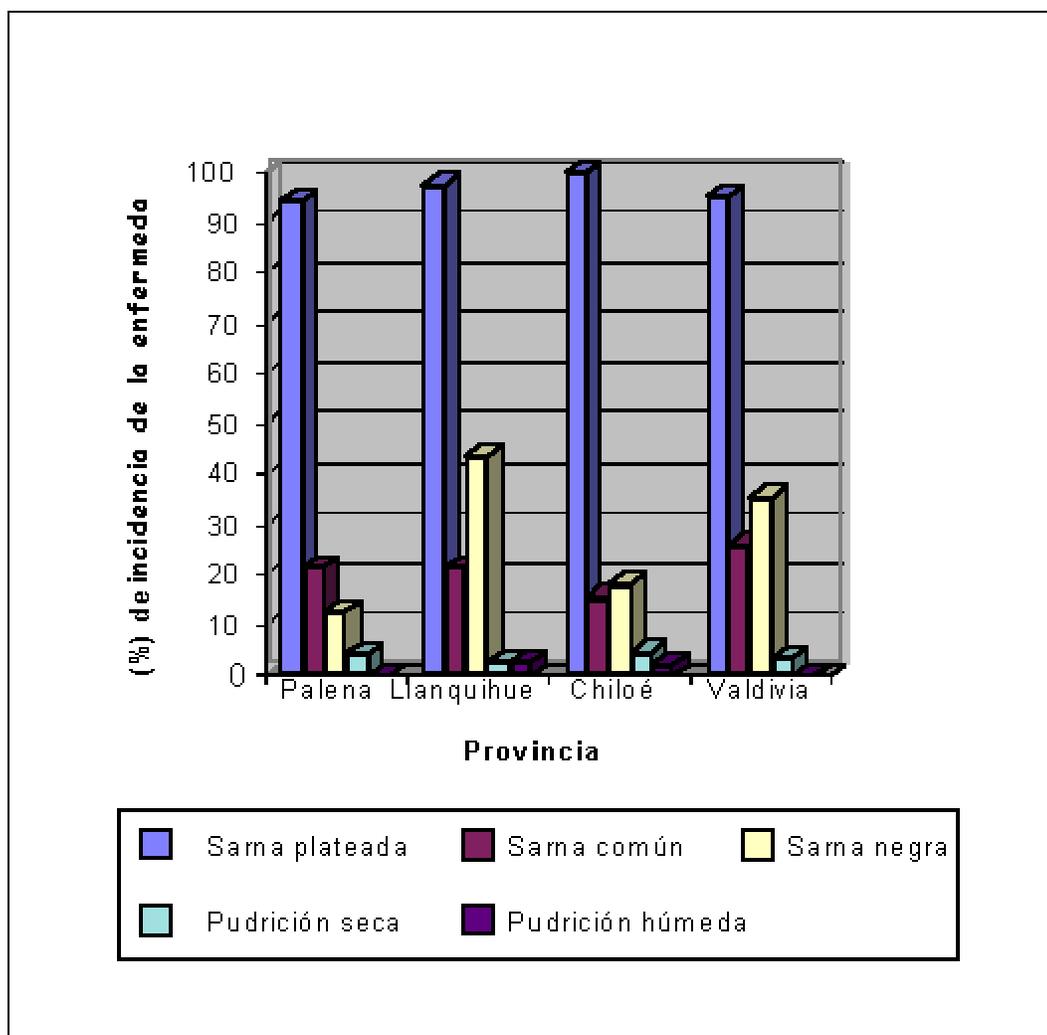


FIGURA 4 Incidencia de enfermedades en tubérculos de papa en la X Región.

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. (SAG) (2000).

2.5.7 Control de *H. solani*. Aún, cuando la temperatura no sea favorable para que sobreviva el patógeno, sobre la piel del tubérculo, éste queda latente en el ambiente. Por lo tanto, el uso de un efectivo tratamiento a la semilla, es importante en el manejo de la sarna plateada (GUTIERREZ, 2000).

Actualmente, la principal forma de controlar la enfermedad causada por este patógeno, es a través de métodos químicos. También se han realizado estudios acerca del control biológico de este hongo (JELLIS y TAYLOR, 1977).

2.5.7.1 Métodos químicos. El uso de fungicidas químicos, es un tratamiento efectivo en tubérculos de papa, para disminuir los niveles de infección de sarna plateada a la cosecha (SECOR, 2000). Thiabendazole, fue el primero en controlar activamente a un rango de patógenos de la papa en 1968, siendo muy utilizado en varios países. Éste producto, controla el desarrollo de *H. solani*, aplicándose a los tubérculos inmediatamente después de la cosecha, previniendo así la propagación del hongo durante el almacenaje. Este, inhibe la producción y liberación de conidias después de la plantación (JELLIS y TAYLOR, 1977). Sin embargo, posteriormente, se demostró por medio de estudios que existían ciertos *strain* de *H. solani* resistentes a thiabendazole.

HIDE *et al.*, 1988, publicaron un estudio acerca de dicha resistencia, mencionando que dichos *strain* resistentes, se encuentran presentes en semillas comerciales. Lo anterior, es mencionado por varios autores, como la causa principal del creciente desarrollo que ha presentado esta enfermedad, en los últimos años (HALL y HIDE, 1994).

MAHONEY y CHRIST (2001), mencionan que en su investigación mancozeb (Diathane), y las mezclas formados por los ingredientes activos metil tiofanato + mancozeb +imidacloprid (Tops MZ); fludioxonil + mancozeb (Maxim MZ) fueron efectivas en el control de sarna plateada. Dithane está registrado como fungicida de control en el almacenaje (SECOR, 2000).

FRAZIER (2000), menciona que la combinación captan+mancozeb también fue efectiva en el control de sarna plateada. Pero, la combinación de thiabendazole+mancozeb, fue menos efectiva, que la combinación metil

tiofanato+mancozeb. Por lo tanto, menciona, que la combinación de fungicidas, puede ser más efectiva que la aplicación del fungicida en forma individual.

2.5.7.2 Otros métodos de control. Además de control químico, se recomiendan otras practicas de control como: 1) cosecha temprana de los tubérculos 2) control de las condiciones durante el almacenaje 3) control de tubérculos de papa voluntarios que se encuentren en el suelo donde se va a cultivar 5) rotación de cultivos (MERIDA. C y LORIA. R. 1994).

Otras formas de control son reportadas en distintos estudios. Así, por ejemplo, OLIVIER *et al.*, 1998, menciona y demuestra en un estudio, que sales orgánicas como propionato de calcio y sorbato de potasio, pueden inhibir el crecimiento *in vitro* de *H. solani* reduciendo el desarrollo de las lesiones y la esporulación del patógeno en tubérculos de papa.

Se ha estudiado también la microbiota de suelos agrícolas. De estos, se identificó a *Pseudomona putida* (Trevisan), *Nocardia glolerula* (Pammel) y *Xanthomona campestris* (Gray), que produjeron una inhibición significativa sobre *H. solani*. Se determinó además, que no es necesario un largo periodo de colonización, de los controladores biológicos sobre la superficie del tubérculo, para disminuir los síntomas de la enfermedad (ELSON *et al.*, 1997).

3. MATERIAL Y METODO

Siguiendo el objetivo general, planteado para este trabajo, se estudió la patogénesis de *H. solani*, agente causal de la “sarna plateada”.

3.1 Origen de las muestras de tubérculos de papa.

Las muestras de tubérculo-semilla de papa, utilizadas en el estudio, correspondió a la cv. Monalisa, y fueron obtenidas de la empresa productora de semillas certificadas SZ S.A. Esta se encuentra ubicada al sur de Chile, en la ciudad de Frutillar, X Región de Los Lagos.

La preparación y clasificación de los tubérculos de papa, y el posterior análisis, sobre la patogénesis de *H. solani*, se realizó en el Laboratorio de Bacteriología del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, X Región de los Lagos.

3.1.1 Caracterización de la empresa SZ. La función de semillas SZ, es la producción de papa-semilla de etapas básica y certificada, de alta calidad, de diversas variedades utilizadas a nivel mundial, para proveer a los agricultores de áreas productivas de Chile y América Latina (SEMILLAS SZ, s/f).

Los campos de producción y bodegas se encuentran ubicados en la Región de los Lagos, en el sur de Chile, debido a las excelentes aptitudes reconocidas a nivel mundial para la producción de papa-semilla en esta zona. Para esto, se cuenta con un suelo fértil, orgánico, permeable y libre de patógenos lo cual fomenta un crecimiento y desarrollo vigoroso y sano. El clima, en general, se caracteriza por inviernos templados, veranos ventosos, moderadamente calurosos y secos, con buena distribución de las precipitaciones.

En cada etapa del proceso productivo, estrictas normas internas, y controles de calidad externos de la Universidad Austral y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), aseguran los mas altos estándares internacionales de pureza y sanidad. El proceso productivo incluye, asegurar 100% de pureza varietal, y 100% ausencia de virosis en las fases de producción en laboratorio e invernadero (SEMILLAS SZ, s/f)

3.2 Materiales.

Los materiales utilizados, en este ensayo, los podemos dividir en: material biológico y material de laboratorio.

3.2.1 Material biológico. Los materiales de tipo biológicos utilizados fueron: tubérculos-semilla de papa del cv. Monalisa. Los tubérculos, fueron cosechados en abril del año 2001, y almacenados en troja, luego calibrados automáticamente, cepillados, ensacados y de esta forma almacenados en una bodega. En dicha bodega, también existían otras variedades de papa almacenadas, pero éstas se encontraban totalmente separadas de las pertenecientes a este estudio.

3.2.2 Materiales de laboratorio. Los materiales de laboratorios utilizados fueron: Cámara climática Walk-in; termómetro de máxima y mínima; higrómetro; pie de metro, calibrador "Digimatic" marca Mitutoyo, modelo CD-8°C; penetrómetro modelo FT 327 (3-27 Lbs); balanza digital Mettler PE 3600 (0-3500 grs); jabs de madera, divididas en 6 secciones de 15x15 cm cada una; brocha de cerdas suaves; bandejas plásticas de polivinilcarbonato (PVC).

3.3 Método.

Los métodos utilizados en este estudio se describen a continuación en forma detallada.

3.3.1 Selección de los tubérculos de papa. Las muestras de tubérculos, fueron seleccionadas en junio del año 2001. Se eligieron sacos al azar, desde donde se separaron aquellos tubérculos de papa, que presentaron a simple vista grados distintos de infestación en la piel. Es importante resaltar, que se mantuvo especial cuidado en elegir, aquellos tubérculos que a simple vista no presentaran daño mecánico, pudriciones o presencia de otra enfermedad causada por un microorganismo distinto de aquel de interés para este estudio. Por otra parte, también se seleccionó una cantidad de tubérculos completamente sanos, sin presencia de ninguna enfermedad o daño mecánico visible. Esto se realizó, con el objetivo de ser utilizados como tubérculos testigo, estos últimos se encontraban separados de los que tenían presencia del hongo en estudio.

3.3.2 Limpieza y selección de los tubérculos en el laboratorio. Los tubérculos obtenidos desde la empresa SZ, fueron clasificados en el laboratorio, de manera de obtener un tamaño uniforme, libre de otras enfermedades o anomalías, daños mecánicos y cualquier otro factor que pudiese alterar el estudio.

Una vez seleccionados los tubérculos, fueron limpiados individualmente, por medio de una brocha de cerdas suaves, para eliminar tierra y polvo adheridos a la superficie. No se realizó lavado de los tubérculos, para evitar adulteraciones en el contenido real de humedad de estos, y además para no estimular la germinación de esporas bacterianas formadoras de colonias.

3.3.3 Clasificación de tubérculos según el grado de enfermedad presente. La clasificación del grado de infestación de los tubérculos, con *H. solani*, se realizó en base a las Normas generales y específicas de certificación de semillas del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), del MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE (1994).

Se presenta a continuación, en la Figura 5, una muestra de los tubérculos utilizados en el estudio, según el grado de infestación que estos presentaban al inicio de este.



FIGURA 5. Niveles de infección 0% (Testigo), 10, 25 y 50%, presentes en los tubérculos de papa al inicio del estudio.

3.3.4 Disposición del material para el ensayo. Antes de comenzar el ensayo, se dispuso del material como se presenta a continuación.

3.3.4.1 Preparación del material biológico. La clasificación de cada grupo de tubérculos, se realizó de acuerdo al grado de cobertura de sarna plateada que éstos presentaron sobre su superficie. Así, se formaron 4 grupos de 32 tubérculos cada uno, representando 0% (Testigo), 10, 25 y 50% de la enfermedad, visible sobre la piel del tubérculo. A cada nivel de infestación, se le realizó 3 repeticiones.

De esta forma, se puede organizar de manera esquemática cada uno de los tratamientos de la siguiente forma:

CUADRO 5 Organización de los tubérculos en estudio, de acuerdo a su grado de infestación.

Grado de la enfermedad (%)	Nº de tubérculos utilizados	Repetición
10	32	R1
	32	R2
	32	R3
25	32	R1
	32	R2
	32	R3
50	32	R1
	32	R2
	32	R3
TESTIGO (0%)	32	R1
	32	R2
	32	R3

3.3.4.2 Preparación del material de laboratorio. Se limpió, lavó (en una solución de Hipoclorito de sodio al 20%) y secó minuciosamente las jabas de madera, sobre las cuales fueron distribuidas al azar las distintas repeticiones de cada grupo de tubérculos.

Previo a su utilización, en cada una de las mediciones, se desinfectaron los instrumentos como pie de metro, penetrómetro y balanza.

3.3.4.3 Disposición y ubicación de los tubérculos durante el ensayo. Al interior de la cámara climática, se ubicaron 4 jabas de madera, cada una dividida en 6 secciones, en las cuales se distribuyeron al azar, los grupos de tubérculos infestados en distintos grados. El testigo fue separado de los tubérculos infestados y depositados en una jaba aparte, pero dentro de la misma cámara. De esta forma, se evitó el contacto entre tubérculos sanos y enfermos, logrando así un parámetro de comparación en cada una de las mediciones.

El objetivo de utilizar la cámara climática fue, el de mantener en forma controlada las condiciones de humedad, temperatura y presencia de luz. De esta forma, se trató de obtener condiciones ambientales, lo mas similar posible, a las existentes en la bodega de almacenaje, desde donde se obtuvieron los tubérculos. Al interior de dicha cámara, solo existía el material biológico y no biológico requerido para el estudio, de manera de no alterar las condiciones naturales de desarrollo del hongo que se está estudiando.

En el caso de las jabas de madera, éstas fueron también dispuestas al azar sobre mesones al interior de dicha cámara.

Se presenta a continuación, en la Figura 6, la disposición al azar de los tubérculos de papa, contenidos en jabas de madera, al interior de la cámara climática en este estudio.



FIGURA 6 Distribución experimental de los tubérculos en estudio, sobre jabas de madera, al interior de la cámara climática.

3.3.5 Mediciones realizadas a los tubérculos en estudio. A continuación, se presenta un detalle de las mediciones realizadas, con sus respectivas fechas y los diferentes parámetros que se midieron en la etapa experimental de este estudio.

3.3.5.1 Número y fecha, de las distintas mediciones, realizadas durante la etapa experimental del estudio. Se realizaron 6 mediciones, comprendidas entre el 27 de junio del 2001 y el 10 de septiembre del mismo año. Estas, fueron realizadas cada 15 días, de manera de observar mas detalladamente el desarrollo del hongo. Los efectos y variaciones que este provocó sobre los tubérculos, también fueron observados. Las fechas correspondientes a cada

una de las mediciones fueron 27 de junio, 12 y 26 de julio, 10 y 25 de agosto y finalmente 10 de septiembre.

3.3.5.2 Parámetros medidos en el ensayo. Los parámetros que se midieron durante el desarrollo práctico del estudio son: evaluación de peso, diámetro ecuatorial y polar del tubérculo, turgencia (medida a través de la presión), número de brotes y peso de estos al final del estudio, grado de avance de la enfermedad. Todos estos serán evaluados por medio de un diseño experimental de bloques completos al azar.

3.4 Evaluación de parámetros relacionados con la evolución y respuesta a la enfermedad durante el almacenaje.

A continuación, se presenta el detalle de la metodología de evaluación, de cada uno de los parámetros que se midieron en el ensayo. Para esto, se mantuvo una temperatura constante de 6°C y una humedad relativa de 90%.

Es necesario mencionar, antes de comenzar a detallar la metodología de este estudio, que para este se utilizaron un total de 384 tubérculos. De esta forma, cada repetición inició el estudio con 32 papas. Sin embargo, en cada medición se debió eliminar 2 de estas, producto del daño mecánico que sufrieron, al medirse la presión con un penetrómetro, sobre dichos tubérculos. Con el objetivo de determinar los promedios, para cada uno de los parámetros, que se evaluará en este estudio, se deberá considerar el siguiente número de tubérculos, para cada una de las mediciones: 1ª medición: 30 tubérculos; 2ª : 28; 3ª: 26; 4ª: 24 ; 5ª: 22 y 6ª: 20 tubérculos.

3.4.1 Evaluación del peso de tubérculos infestados por *H. solani*. La medición se realizó, a cada una de las 3 repeticiones, correspondientes a cada grado de la enfermedad (testigo, 10%, 25%,50%), por medio de una balanza digital la que fue caracterizada anteriormente.

Se comenzó, determinando el peso inicial de cada uno de los grupos de tubérculos al inicio del estudio, para poder comparar con los pesos obtenidos en las mediciones posteriores. Se trabajó en base a promedios, ya que el peso obtenido de cada medición, se dividió por el numero total de tubérculos de cada grupo. Así, se determinó la variación de peso ocurrida en los tubérculos, por perdida de agua, entre el inicio y el final del estudio.

Los resultados obtenidos, fueron evaluados por medio de un análisis de varianza (ANDEVA). La variable dependiente, correspondió al promedio del peso de cada grupo de tubérculos según su nivel de infestación. Los factores fueron tiempo de almacenaje y nivel de infestación de los tubérculos. Los análisis estadísticos (homogeneidad y análisis de varianza), fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. La prueba de rango múltiple utilizada en el caso de encontrar valores de F significativos o altamente significativo, correspondiente a las de Tukey al 5% ó Tukey al 1% respectivamente.

Para todos los siguientes análisis se calculó el coeficiente de variación (CV) por medio de la $\sqrt{\frac{CMerror}{Media}} \times 100$ según lo recomendado por TAUCHER (1997). De esta forma se determinó el porcentaje de error durante la etapa experimental de este estudio.

3.4.2 Evaluación del diámetro ecuatorial y polar de los tubérculos infestados por *H. solani*. Para medir ambos parámetros, se utilizó un pie de metro digital, el que fue caracterizado con anterioridad. La medición, se realizó en forma individual a cada tubérculo, para todas las repeticiones. Finalmente, las 3 repeticiones de cada nivel de infestación, se promediaron, y este valor fue comparado con el promedio del diámetro ecuatorial y polar del testigo.

Las variables dependientes, corresponden a los promedios del diámetro ecuatorial y polar de los tubérculos. Los factores corresponden a los tiempo de almacenaje y el nivel de infestación (testigo (0%), 10, 25 y 50%). Los análisis estadísticos (homogeneidad y análisis de varianza) fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. La prueba de rango múltiple utilizada, en los casos de encontrar valores de F significativos ó altamente significativo, correspondieron a la de Tukey al 5 % ó Tukey al 1% respectivamente.

3.4.3 Evaluación de la turgencia en tubérculos de papa infestados por *H. solani*. En cada una de las 6 mediciones se eligieron 2 tubérculos al azar, representando a las 3 repeticiones y para los 4 niveles de infestación estudiados. En cada uno de los tubérculos, se realizó 2 mediciones, con un penetrómetro. Las características de dicha medición, obligaron a desechar los tubérculos utilizados, ya que quedaban con daño mecánico y susceptible a la entrada de otros patógenos. De esta forma, se comenzó con 32 papas por grupo, para finalizar el estudio con 20, ya que en cada medición el número total de tubérculos fue disminuyendo de 2 en 2. Solo de esta forma, los resultados podrán hacerse comparables unos con otros. De estas dos mediciones por tubérculo, se obtuvo un promedio, de manera que los datos obtenidos, puedan ser comparados con el testigo.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA). La variable dependiente correspondió, a la presión, ejercida por el penetrómetro, sobre los tubérculos de papa. Los factores a evaluar fueron tiempo de almacenaje y el nivel de infestación (0 (testigo), 10, 25 y 50%). Los análisis estadísticos como, homogeneidad y análisis de varianza fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. La prueba de rango múltiple utilizada, correspondió a Tukey al 5% ó al 1% según el grado de significancia de F que se encuentre.

3.4.4 Evaluación del número de brotes en tubérculos infestados por *H. solani*. Para determinar el número de brotes por tubérculos, se calculó el promedio de estos. Dichos promedios debieron ser transformados a la $\sqrt{(x+1)}$, basado esto último, en lo recomendado por (LITTLE y HILLS 1976).

De esta forma, se realizó una comparación con el testigo, se observó también la variación en el tamaño y forma de los brotes, a medida que transcurrían las distintas fechas de medición. La variable dependiente correspondió a la $\sqrt{(N^{\circ} brotes + 1)}$ presente en el tubérculo, y los factores fueron tiempo de almacenaje y el nivel de infestación (0 (testigo), 10, 25, 50%). Los análisis estadísticos (homogeneidad, análisis de varianza), fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. La prueba de rango múltiple utilizada, en los casos de encontrar valores de F significativos, ó altamente significativo correspondieron a la de Tukey al 5% o Tukey al 1% respectivamente.

Se determinó también el peso promedio de los brotes, correspondiente a cada nivel de infestación.

3.4.5 Evolución de la enfermedad en tubérculos de papa infestados por *H. solani*. La determinación del avance de la enfermedad, se realizó, al comparar el grado de la enfermedad al comienzo y al final del estudio. El grado de avance de *H. solani* sobre el tubérculo, fue expresada como porcentaje (%), de manera que los tubérculos enfermos puedan ser comparados con el testigo. Se observó además, la presencia de microorganismos ajenos al estudio, los que podrían estar presentes, debido a la susceptibilidad de los tubérculos.

Los resultados obtenidos, fueron evaluados por medio de un análisis estadístico de varianza (ANDEVA). La variable dependiente, correspondió al avance de la enfermedad para cada nivel de infestación. Los factores evaluados fueron tiempo de almacenaje y nivel de infestación de los tubérculos. Los análisis estadísticos (homogeneidad y análisis de varianza) fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. La prueba de rango múltiple utilizada en el caso de encontrar valores de F significativos ó altamente significativo, correspondió a la de Tukey al 5% ó Tukey al 1% respectivamente.

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

Se presentan a continuación, los resultados del estudio sobre la incidencia de *Helminthosporium solani*. Esta información fue obtenida, a partir de muestras de tubérculos de papa, cv. Monalisa, durante el periodo de junio del 2001, a septiembre del mismo año.

Estos datos, corresponden a los promedios de incidencia del hongo, relacionados con los cinco parámetros evaluados: peso, diámetro ecuatorial y polar del tubérculo, turgencia, número de brotes finales y peso de estos al final del estudio y grado de avance de la enfermedad.

4.1 Incidencia de *H. solani* sobre la pérdida de peso, presentada en tubérculos de papa cv. Monalisa, según nivel de infestación y tiempo de almacenaje.

Bajo las condiciones del almacenaje, se pudo establecer la pérdida de peso por deshidratación que produce el hongo. Se presentan a continuación, los resultados obtenidos de la variable peso, relacionada a los factores días de almacenaje y nivel de infestación de 384 tubérculos.

En el Cuadro 6, se aprecian los pesos promedios, para los niveles de infestación testigo (0%), 10, 25 y 50%, en seis fechas de almacenaje. De estas cifras, se pueden inferir las pérdidas de peso sufridas según el grado de infestación que presenten los tubérculos al inicio del estudio, y como estos varían respecto al tiempo.

CUADRO 6 Peso promedio por tubérculo (g), para cuatro niveles de infestación con *H. solani*, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Testigo (0%)	NIVEL DE INFESTACIÓN		
		10%	25%	50%
0	104,9 a	109,6 a	109,0 a	109,4 a
15	103,0 a	93,3 b	90,0 b	86,6 b
30	100,0 b	90,3 b	85,7 bc	83,3 b
45	95,9 b	89,2 bc	83,4 c	77,6 bc
60	94,6 b	86,2 c	82,9 cd	66,6 cd
75	91,5 b	81,8 d	78,6 d	47,6 e

*Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

La información contenida en el Cuadro 6, indica que existen diferencias significativas entre los pesos, para los diferentes niveles de infestación estudiados entre los distintos tiempos de almacenaje evaluados. A partir, de los promedios de peso presentados en el cuadro anterior, es posible observar que el testigo (0% de infestación), presentó valores promedio, por tubérculo, de 109,4 g al inicio del ensayo y de 91,5 g al final de este. Para estos valores, se presentaron diferencias estadísticamente significativas, a partir de los 30 días de almacenaje (Cuadro 6).

Los promedios de peso, obtenidos en los todos los niveles de infestación con *H. solani* estudiados (10, 25 y 50%), disminuyen en forma significativa desde los 15 días de almacenaje para todos los niveles (ver Cuadros 6 y 7),

siendo, el 50% de infestación, el que presenta los menores promedios de peso, al final del estudio (47,6 g).

En el Cuadro 7, se presentan los efectos del tiempo de almacenaje entre de los distintos niveles de infestación. Al igual que en el cuadro anterior, las pérdidas de peso por deshidratación, se pueden deducir a través de diferencia de pesos.

CUADRO 7 Pesos promedio (g) por tubérculo, para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación por *H. solani*, en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo	109,4 a	103,0 a	100,0 a	95,9 a	94,6 a	91,5 a
10%	109,6 a	93,3 b	90,3 b	89,2 b	86,2 b	81,8 b
25%	109,0 a	90,0 b	85,7 b	83,4 b	82,9 b	78,6 b
50%	109,4 a	86,6 b	83,3 b	77,6 b	66,6 c	47,6 c

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

En el cuadro anterior, es posible observar, que al inicio del estudio, no se presentaron diferencias significativas entre los distintos niveles de infestación y el testigo. Desde los 15 días de almacenaje, y en los sucesivos, los niveles de infestación 10, 25, 50%, presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo.

El análisis de varianza presentado en el Anexo 3, fue realizado para el estudio de la incidencia de *H. solani*. Este, relaciona el peso de los tubérculos para cuatro niveles de infestación y seis fechas de almacenaje. De ello, se desprende, que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor nivel de infestación. En efecto, este factor presentó un valor de P altamente significativo. Esto demuestra que se ejerce una importante influencia en la disminución del peso sobre las muestras de tubérculos. Se observan además, diferencias estadísticas altamente significativas para el factor fecha de almacenaje. Lo mismo ocurre para la interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje.

El coeficiente de variación fue de 5,6%, esto indica que el error experimental fue bajo y la metodología experimental fue la adecuada.

4.2 Incidencia de *H. solani* sobre el diámetro ecuatorial en tubérculos de papa cv. Monalisa, para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días).

Esta parte del estudio, relaciona la incidencia de *H. solani* sobre la variable diámetro ecuatorial. Para esto se evaluaron los niveles 0, 10, 25 y 50% en seis fechas de almacenaje, separadas entre 15 días. De dicho estudio, se obtuvo los promedios de los diámetros ecuatoriales, respectivos a cada nivel y cada fecha del almacenaje.

A partir de los promedios presentados a continuación, en el Cuadro 8, es posible observar, que el testigo presentó valores promedio de diámetro ecuatorial de 50,6 mm al inicio del estudio y de 46 mm al final de este. Para estos valores, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Tampoco se presentaron diferencias significativas, en los tubérculos infestados en distintos grados por *H. solani* (10, 25, 50%), respecto a los distintos días del

almacenaje. Esto indicaría que el factor nivel de infestación no ejerce una influencia importante sobre el diámetro ecuatorial de los tubérculos.

CUADRO 8 Diámetro ecuatorial promedio por tubérculo (mm), para cuatro niveles de infestación por *H. solani*, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Testigo (0%)	Nivel de infestación		
		10%	25%	50%
0	50,67 a	51,66 a	51,07 a	49,52 a
15	49,64 a	50,90 a	51,04 a	49,66 a
30	49,26 a	62,99 a	50,99 a	47,69 a
45	49,67 a	50,14 a	50,23 a	46,42 a
60	47,45 a	51,22 a	51,09 a	45,59 a
75	46,09 a	46,20 a	48,15 a	43,40 a

* Letras iguales indican que no existen diferencias significativas.

En el siguiente cuadro (Cuadro 9), se presenta la variación de los promedios de diámetro ecuatorial, para cada una de los tiempos de almacenaje del estudio, respecto a los distintos niveles de infestación. En este cuadro, es posible observar, que las cifras de diámetro ecuatorial obtenidas, no son significativas para ninguna de las 6 fechas de almacenaje. Esto indica que no existe una variación significativa en el diámetro ecuatorial de los tubérculos, a través del tiempo

En efecto, según el análisis de varianza, realizado para este estudio (ver Anexo 4), se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor nivel de infestación. Por otra parte, se determinó que

tampoco existen diferencias estadísticamente significativas para el factor fecha de medición y la interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de medición.

CUADRO 9 Diámetro ecuatorial promedio por tubérculo (mm), para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación por *H. solani* en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo	50,67 a	49,64 a	49,26 a	49,67 a	47,45 a	46,09 a
10%	51,66 a	50,90 a	52,99 a	50,14 a	51,22 a	46,20 a
25%	51,07 a	51,04 a	50,99 a	50,23 a	51,09 a	48,15 a
50%	49,53 a	49,66 a	47,69 a	46,42 a	45,59 a	48,40 a

* Letras iguales indican que no existen diferencias significativas.

Es así, como los factores ya mencionados y la interacción entre ambos, no presentaron un valor de P significativo. Esto indica que, por si solos, no ejercen una influencia importante sobre la disminución del diámetro ecuatorial en los tubérculos. La interacción entre ambos factores, tampoco influye sobre el diámetro ecuatorial, en una forma considerable.

El coeficiente de variación fue de 1,53 %, por lo tanto la metodología experimental fue la adecuada y el error experimental fue mínimo.

4.3 Incidencia de *H. solani*, sobre el diámetro polar, en tubérculos de papa cv. Monalisa, para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días).

Se analizaron los factores, nivel de infestación (0, 10, 25, 50%) entre las distintas fechas de almacenaje, y por otra parte, el factor tiempo de almacenaje (27 de junio, 12 y 26 de julio, 10 de agosto y 10 de septiembre), entre los distintos niveles de infestación.

En el Cuadro 10, se presentan los efectos del nivel de infestación sobre los promedios del largo de los 384 tubérculos, utilizados en este estudio.

CUADRO 10 Diámetro polar promedio por tubérculo (mm), para cuatro niveles de infestación por *H. solani*, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Nivel de infestación			
	Testigo (0%)	10%	25%	50%
0	76,57 a	76,06 a	75,03 a	75,33 a
15	75,53 b	74,93 b	74,03 b	73,00 b
30	74,90 bc	73,57 c	72,60 c	72,47 bc
45	73,80 c	72,77 c	71,90 d	70,93 d
60	73,07 c	71,70 d	71,10 e	69,97 e
75	72,10 d	71,40 d	69,57 f	68,17 f

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 5% prueba de rango múltiple de Tukey.

En el cuadro anterior, se consignan los valores promedio, obtenidos de la medición de los diámetros polares. Estos indican, que el testigo presentó

valores promedio de 76,5 mm al inicio del estudio, y de 72,1 al final de este. Para estos valores, existen diferencias estadísticamente. Las cifras de diámetros polares promedios, correspondientes a los distintos niveles de infestación (10, 25, 50%) por *H. solani* estudiados, disminuyen significativamente para todos los niveles de infestación a partir de los 15 días de almacenamiento, al igual que el testigo. Aquellos tubérculos que iniciaron el estudio con un 50% de infestación sobre su piel, son los que presentan las mayores disminuciones en el largo al final de este.

A continuación, en el Cuadro 11, se presentan los promedios de los diámetros polares para cada una de los tiempos de almacenaje del estudio.

CUADRO 11 Diámetro polar promedio por tubérculo (mm), para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación con *H. solani*, en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo	76,57 a	75,53 a	74,90 a	73,80 a	73,07 a	72,10 a
10%	76,06 ab	74,93 ab	73,57 b	72,77 b	71,70 b	71,40 ab
25%	75,03 c	74,03 c	72,60 c	71,90 c	71,10 b	69,57 c
50%	75,33 c	73,00 d	72,47 c	70,93 d	69,97 c	68,17 c

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 5% prueba de rango múltiple de Tukey.

En el cuadro anterior, es posible observar, que a partir de los primeros 15 días, se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los distintos

niveles de infestación (0, 10, 25 y 50%) respecto al diámetro polar de los tubérculos. Esto indica, que desde el inicio del almacenaje y durante los siguientes 75 días, se basta con un 10% de infestación sobre los tubérculos, para que se presenten diferencias significativas entre los promedios de dichos diámetros.

En el Anexo 5, se presenta el análisis de varianza (ANDEVA), que afirma lo observado en los Cuadros 10 y 11. Este análisis indica que existe una interacción significativa entre los factores nivel de infestación y días de almacenamiento. Posteriormente, se procedió a realizar la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5%, con la finalidad de comparar los promedios de incidencia para cada nivel de infestación (Cuadro 10), y para cada fecha de medición (Cuadro 11).

El coeficiente de variación fue de 7,4%, por lo tanto, esto nos indica que el error experimental fue bajo y la metodología experimental fue la adecuada.

Se presenta a continuación, en la Figura 7, la disminución del diámetro polar, sufrida por los tubérculos estudiados, infestados en un 10, 25 y 50% por *H. solani* y el testigo (0%), a los 30 días de almacenaje.

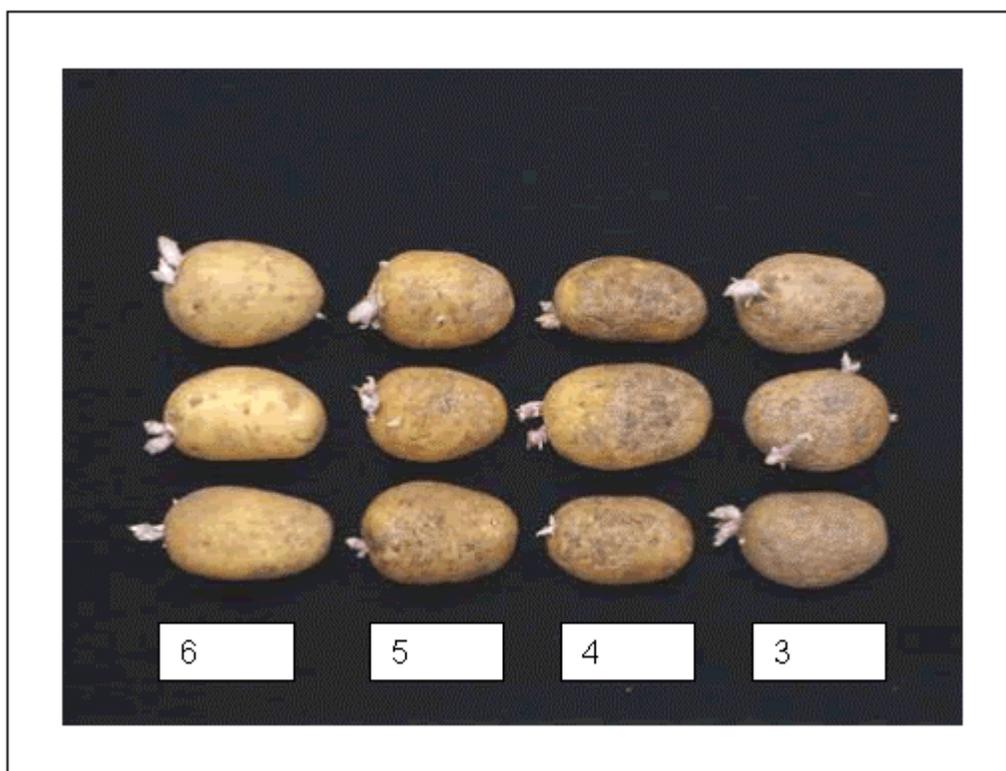


FIGURA 7 Tubérculos infestados por *H. solani* ,Testigo (0%), 10, 25 y 50% a los 15 días de su almacenamiento.

4.4 Incidencia de *H. solani* sobre la turgencia de tubérculos cv. Monalisa, para cuatro niveles de infestación y seis tiempos de almacenaje (días).

La evaluación del comportamiento de los tubérculos de papa, respecto a la turgencia, se realizó determinando la presión de estos, con un penetrómetro.

Se consideró para este estudio, distinguir los efectos deletéreos, que ejerce la incidencia de *H. solani*, sobre los factores nivel de infestación y días de almacenaje.

A continuación, en el Cuadro 12, se aprecian los valores de promedios obtenidos de la medición de presión para la determinación de la turgencia de los tubérculos.

CUADRO12 Promedios de presión por tubérculo (Kg/cm²), para cuatro niveles de infestación con *H. solani*, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Testigo (0%)	Nivel de infestación		
		10%	25%	50%
0	8,74 a	7,67 a	7,46 a	7,38 a
15	8,07 b	7,64 a	7,46 a	7,32 a
30	7,94 b	7,55 ab	7,43 ab	7,21 ab
45	7,59 b	6,42 c	6,11 c	5,92 c
60	7,49 b	6,15 c	6,00 c	5,73 c
75	7,36 c	6,22 c	5,57 c	5,10 d

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

Los datos presentados en el cuadro anterior, indican que el testigo presentó valores de 8,74 (kg/cm²) al inicio del estudio y de 7,36 al final de este. Para estos valores se presentaron diferencias estadísticamente significativas a partir de los 15 días de almacenamiento. Las cifras de presión obtenidas en los distintos grados de infección por *H. solani* (10, 25 y 50%), disminuyen para todos los niveles a partir de los 30 días de almacenaje. Siendo 50% el que presenta la mayor disminución.

Se presenta a continuación, en el Cuadro 13, los promedios de presión para las seis fechas de almacenaje que incluye el estudio.

CUADRO 13 Promedio de presión por tubérculo (Kg/cm²), para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación, en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo	8,74 a	8,07 a	7,94 a	7,59a	7,49 a	7,36 a
10%	7,67 b	7,64 b	7,55 a	6,42 b	6,15 b	6,22 b
25%	7,46 b	7,46 b	7,43 a	6,11 b	6,00 b	5,57 c
50%	7,38 b	7,32 b	7,21 b	5,92 b	5,73 b	5,10 c

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

A partir del Cuadro 13, es posible mencionar, que para todas las fechas del almacenaje (excepto a los 30 días), solo fue necesario un 10% de infestación para que se presentaran diferencias significativas entre los promedios. A los 30 días de almacenaje, solo con un 50% de infestación sobre los tubérculos, se presentaron diferencias significativas entre los promedios.

Lo anterior, es confirmado por la información entregada en el análisis de varianza (ver Anexo 6), ya que los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje presentaron valores de P altamente significativos, existiendo además una interacción altamente significativa entre ambos. Esto implica que la interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de medición ejercen una importante influencia sobre la disminución de la presión, en tubérculos

infestados por *H. solani*, a través del tiempo. El coeficiente de variación, para este estudio fue de 2,98%, esto nos indica que el error experimental fue bajo y la metodología experimental fue la adecuada.

Se presenta a continuación, en la Figura 8, una fotografía que muestra un tubérculo infestado en un 10% por *H. solani*, y cómo se ve afectada la piel de este, a los 45 días de almacenaje. Las flechas indican la presencia de una piel arrugada y un oscurecimiento de esta, producto de la presencia del hongo.



FIGURA 8 Daño producido por *H. solani*, sobre la superficie del tubérculo de papa. Tubérculo infestado en un 10%.

4.5 Incidencia de *H. solani* sobre el número de brotes en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Esta fase del estudio, consistió en determinar el número de brotes promedio de cada tubérculo. Se presentan a continuación en el Cuadro 14, los promedios de brotes para cada nivel de infestación, entre los distintos días de almacenaje.

CUADRO 14 Número de brotes promedio por tubérculo, para cuatro niveles de infestación, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Nivel de infestación			
	Testigo (0%)	10%	25%	50%
0	0 a	0 a	0 a	0 a
15	6,1 a	5,6 a	5,6 a	5,1 a
30	5,3 a	5,2 a	5,9 a	5,0 a
45	4,8 a	4,0 a	5,0 a	5,2 a
60	4,7 a	4,2 a	4,2 a	5,7 a
75	4,3 a	4,4 a	3,5 a	5,3 a

* Letras iguales indican que no existen diferencias significativas.

Es posible observar en el cuadro anterior, que el testigo inició el estudio al igual que los tubérculos con distintos niveles de infestación, sin presencia de brotes, debido a la fecha en la cual se inicio el estudio. Los promedios del número de brotes, no presentaron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los niveles de infestación estudiados. En efecto, los promedios de brotes obtenidos en los distintos niveles de infestación (10, 25 y 50%) con

H. solani, decrecieron en el transcurso del tiempo, sin embargo, estos no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

En el Cuadro 15, se presentan los promedios de brotes para cada una de las fechas de almacenaje del estudio.

CUADRO15 Número de brotes promedio, para seis tiempos de almacenaje (días), respecto a cuatro niveles de infestación con *H. solani*, en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo	0 a	6,1 a	5,3 a	4,8 a	4,7 a	4,3 a
10%	0 a	5,6 b	5,2 a	4,0 b	4,2 a	4,4 a
25%	0 a	5,6 b	5,9 b	5,0 c	4,2 a	3,5 b
50%	0 a	5,1 c	5,0 c	5,2 c	5,7 b	3,0 c

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 5% prueba de rango múltiple de Tukey.

En el cuadro anterior, es posible observar, que a partir de los 15 días de almacenaje, existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios, para los niveles de infestación estudiados (10, 25 y 50%). De este cuadro, se puede mencionar también, que el número de brotes fue poco homogéneo entre las distintas fechas.

Estos resultados son apoyados por la información entregada en el análisis de varianza (ANDEVA) (ver Anexo 7), el cual indica que existieron diferencias estadísticas altamente significativas con respecto al factor fecha de

almacenaje, no así para el factor nivel de infestación. La interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje resultó estadísticamente significativa. En los Cuadros 14 y 15, se presenta en forma adicional, la prueba de rango múltiple de Tuckey al 5% de significancia.

Se realizó además, una observación visual, de las características que presentaron los brotes, respecto al nivel de infestación. Tubérculos sanos (0%), presentaron brotes cortos y gruesos, los que se encontraban firmemente adheridos al tubérculo. En tubérculos infestados (10, 25, y 50%), en cambio, se presentaron brotes largos y delgados los que se desprendían fácilmente del tubérculo con la manipulación, o bien, caían producto de la falta de turgencia que los afectaba. El grado de deshidratación visualizado en los brotes enfermos, fue directamente proporcional al nivel de infestación presentado en los tubérculos. El coeficiente de variación para este estudio fue de 6,22%, esto indica que el error experimental fue bajo y la metodología experimental fue la adecuada.

4.6 Peso de los brotes al final del estudio.

Como información adicional a la entregada anteriormente, se presenta en el Cuadro 16, el peso promedio de los brotes obtenido al final del estudio.

Cuadro 16 Promedio de peso de brotes (g) al final del estudio, en tubérculos de papa cv. Monalisa, para distintos niveles de infestación por *H. solani*.

Nivel de infestación	Peso de brotes (g)
Testigo (0%)	27,15 a
10%	31,20 a
25%	36,53 a
50%	21,18 a

* Letras iguales indican que no existen diferencias significativas

A partir de la información entregada por el cuadro anterior, es posible observar, que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios correspondientes a los pesos de los brotes. El mayor promedio de peso de los brotes se presentan con un 25% de infestación. Para un nivel de infestación de 50% sobre los tubérculos, el peso de dichos brotes comienza a disminuir. Por otra parte, el coeficiente de variación fue de 14,2%, esto nos indica que el error experimental fue alto, comparado con los parámetros medidos anteriormente. Esto se puede deber, a que la metodología experimental no fue la adecuada para este tipo de análisis.

4.7 Avance de la enfermedad durante el periodo de estudio.

Los promedios de avance porcentual de *H. solani*, para cada nivel de infestación, se presentan a continuación en el Cuadro 17.

CUADRO 17 Promedios de porcentaje (%) de avance de *H. solani*, para cuatro niveles de infestación, entre seis tiempos de almacenaje (días), en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Días de almacenaje	Nivel de infestación			
	Testigo (0%)	10%	25%	50%
0	0 a	10 a	25 a	50 a
15	0 a	25 b	35 b	65 b
30	0 a	35 c	45 c	80 c
45	0 a	50 d	65 d	85 d
60	0 a	60 e	75 e	90 e
75	0 a	70 f	85 f	100 f

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

Se puede apreciar en el Cuadro 17, que en el caso del testigo (0% de infestación), no hubo diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de avance. Los tubérculos al inicio del estudio no presentaban el hongo, y continuaron así durante el transcurso de este.

El avance de la enfermedad en tubérculos infestados en distintos niveles por *H. solani* (10, 25, y 50%), aumentó drásticamente, presentando diferencias estadísticamente significativas en todos los niveles, siendo el de 50%, el nivel que presentó un desarrollo más rápido de la enfermedad.

El Cuadro 18, presenta los promedios de avance de la enfermedad, respecto a cada una de las fechas de almacenaje del estudio.

CUADRO 18 Promedios de porcentaje (%) de avance de *H. solani*, para seis tiempos de almacenaje (días) y cuatro niveles de infestación, en tubérculos de papa cv. Monalisa.

Nivel de Infest.	Días de almacenaje					
	0	15	30	45	60	75
Testigo(0%)	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
10%	10 b	25 b	35 b	50 b	60 b	70 b
25%	25 c	35 c	45 c	65 c	75 c	85 c
50%	50 d	65 d	80 d	85 d	90 d	100 d

* Letras distintas, denotan diferencias estadísticamente significativas, al 1% prueba de rango múltiple de Tukey.

Se puede observar, a partir del cuadro anterior, que para todas las fechas de almacenaje que incluye el estudio, basta con un 10% de infestación por *H.*

solani sobre los tubérculos, para que presenten diferencias estadísticamente significativas en el avance de la enfermedad.

Lo mencionado anteriormente, referido a los Cuadros 17 y 18, es respaldado por el análisis de varianza (ANDEVA), que indica que la interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje es altamente significativa. Por otra parte, se realizó también, el test de rangos múltiples de Tuckey al 1%, que se presenta adicionalmente en ambos cuadros. Este último, muestra las diferencias que existen entre los promedios, para cada uno de los niveles y fechas de medición.

El coeficiente de variación fue de 2,78%, esto nos indica que el error experimental fue bajo y la metodología experimental fue la adecuada.

5. DISCUSION DE RESULTADOS

En esta investigación, se realizó un estudio relativo al daño de *H. solani*, sobre tubérculos de papa cv. Monalisa, obtenidos en la empresa de semillas SZ, ubicada en la ciudad de Frutillar, en la X Región de los Lagos.

La sarna plateada es considerada, principalmente, una enfermedad que se desarrolla durante el almacenaje de papas. No obstante, la infestación puede tomar lugar antes de la cosecha (HARDY *et al.*, 1997). En el caso de este estudio y, apoyado por los resultados obtenidos, se puede concluir que *H. solani*, es un hongo cuya propagación y dispersión de sus esporas, se produce en forma rápida y violenta durante el almacenaje. Bajo condiciones de temperatura y humedad relativa altas, causa serios problemas de deshidratación y, por lo tanto, una abrupta pérdida de peso en los tubérculos que son almacenados (RODRIGUEZ *et al.*, 1996).

Este problema, adquiere aún más importancia, por el hecho de que cada vez se están detectando mayores cantidades de cepas del hongo, que son resistentes a los productos químicos. Estos, son aplicados después de la cosecha, para el control de esta enfermedad (RODRIGUEZ, *et al.*, 1995). Este antecedente, caracteriza a *H. solani*, como un agente muy perjudicial durante el almacenaje, que afecta cada vez en mayor proporción, el rendimiento comercial de la papa, lo que hace que los beneficios económicos se vean disminuidos.

De los resultados obtenidos en esta sección, se puede mencionar, que el nivel de infestación de sarna plateada, presente al inicio del estudio, se traduce en una diferente pérdida de peso en los tubérculos. Efectivamente, los resultados obtenidos señalan, claramente, que un mayor nivel de infestación de *H. solani*, al inicio del almacenaje, produce un aumento en la pérdida de humedad, lo que se traduce en una mayor pérdida de peso. Los datos de este

estudio confirman esta conclusión, por cuanto, se demostró que el nivel de infestación inicial, es directamente proporcional a la pérdida de peso presentada por los tubérculos. Fue posible observar, además, que las mayores deshidrataciones, se presentaron en tubérculos que iniciaron el almacenaje con un 50% de infestación sobre su piel. A este respecto, JELLIS y TAYLOR (1977), mencionan, que tubérculos almacenados con un nivel de infestación mayor, se ven más afectados estéticamente al final del período de almacenaje. La disminución en la calidad estética de los tubérculos, tiene directa relación con la deshidratación sufrida por estos, lo que lleva a una severa pérdida de peso.

Una influencia significativa, sobre la incidencia de *H. solani*, en el peso de los tubérculos estudiados, ejerció el factor días de almacenaje . En efecto, es posible observar, que los promedios (Cuadro 7), a partir de los 15 días de almacenados, comenzaron a presentar bajas significativas, para todos los niveles de infestación estudiados. No sucedió lo mismo con el testigo (0%). De esta forma, a los 75 días de almacenados, se presentaron los promedios de peso más bajos. Así por ejemplo, tubérculos que comenzaron el almacenaje con un 50% de infestación sobre su piel perdieron mas de la mitad de su peso inicial, al final del estudio.

El efecto visible sobre la pérdida de peso en los tubérculos, a partir de una etapa temprana en el almacenaje, es evidente. Esto podría atribuirse, a una rápida germinación del hongo, cuando se dan las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa, para la germinación de la espora. Lo anterior, fue confirmado por RODRIGUEZ *et al.*,(1996), estos autores mencionan, que las condiciones ambientales de alta temperatura y humedad relativa al interior de la bodega, llevan a un desarrollo más rápido de la enfermedad, causada por *H. solani*. Esto se traduce, en una mayor deshidratación de los tubérculos y, por lo tanto, una mayor pérdida de peso. Por otra parte, HARDY *et al.*,(1997),

siguiendo esta misma línea, confirman lo dicho anteriormente. Agregan además, que la humedad presente sobre la superficie de los tubérculos, influye sobre la rapidez en el desarrollo de sarna plateada. De esta forma, tubérculos que son almacenados en estado húmedo, tienden a formar un mayor número de conidias y un desarrollo de la enfermedad más rápido, que aquellos que son secados previamente.

Los párrafos anteriores, han descrito, la importancia que tiene el tiempo de almacenaje en tubérculos infestados por *H. solani*. A este respecto, OLIVIER (1998), y colaboradores, describen que, la infección del tubérculo, se produce por la penetración de las hifas de *H. solani*, al interior de las células de la peridérmis. Esta penetración, se realiza a través de un apresorio, y con la formación de un tubo germinativo, que penetra al interior de la célula. Las conidias, al germinar forman hifas hialinas, que al unirse entre sí, desarrollan una masa llamada estroma. Este estroma, invade el tejido de la peridérmis, que está formado por células de corcho, las que pueden llegar a colapsar por la presencia del hongo. Esto es debido, principalmente, a la destrucción de las paredes de dichas células, formándose paquetes de aire a nivel del feloderma, producto de la actividad celulítica del patógeno. A esto, se le atribuye la apariencia casposa de la sarna plateada. Las células destruidas, finalmente mueren, sin capacidad de reintegrarse nuevamente. De esta forma, porciones de peridérmis del tubérculo pueden eventualmente ser desprendidas, y causar tempranamente pérdidas de peso durante el almacenaje.

Un alcance práctico, de los resultados obtenidos, indica que, tubérculos infectados a partir de un 10% ó más por *H. solani*, y que son posteriormente almacenados, tienden a deshidratarse rápidamente. Por esto, se recomienda realizar almacenajes cortos, de no más de 30 días, para todos los niveles infestivos evaluados en este estudio (10, 25 y 50%). Lo anterior, es recomendado, ya que *H. solani*, se desarrolla rápidamente sobre la superficie

de los tubérculos almacenados y, para cuando las papas son sacadas de la bodega, éstas ya no poseen valor comercial, producto de la fuerte deshidratación que han sufrido (HARDY *et al.*, 1997).

El por qué estudiar los efectos de *H. solani*, sobre el parámetro diámetro ecuatorial, dice relación con un objetivo muy preciso. Este consistió en comenzar a formar una base de datos que se encuentre disponible para futuros estudios, puesto que la literatura consultada hasta la fecha, no aporta antecedentes a este respecto.

Se ha mencionado anteriormente por OLIVIER *et al.*, (1998), que la incidencia de este hongo produce importantes pérdidas de peso sobre los tubérculos, producto de la temprana deshidratación. Finalmente, el tubérculo se vuelve arrugado y disminuye su tamaño (HARDY *et al.*, 1997). Esta pérdida, fue, visualmente evidente en este estudio, por lo tanto, y es pertinente a este respecto, preguntarse si la disminución del tamaño afecta significativamente el diámetro ecuatorial o el diámetro polar de los tubérculos. En general, la información relacionada con el diámetro ecuatorial es escasa, y en tubérculos de papa específicamente, no se encontraron investigaciones realizadas anteriormente respecto a este factor.

En relación a los resultados obtenidos, con las mediciones que vinculan la infestación de *H. solani*, y su efecto expresado a través de la medición del diámetro ecuatorial (Cuadros 8 y 9), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En efecto, los tubérculos infestados en sus distintos niveles, presentaron un rango de disminución en el diámetro ecuatorial, entre el inicio y el término del estudio, muy similar al presentado por los tubérculos testigo (0%). De los resultados anteriores, es posible mencionar que, la disminución del diámetro ecuatorial en tubérculos de papa, no tiene relación con la incidencia del hongo.

Al respecto, HIDE y ADAMS (1980), mencionan que tubérculos infestados por *H. solani* y que son almacenados, presentaron una visible disminución en el tamaño. Mencionan que dichos tubérculos van perdiendo cada vez más su forma original, lo cual los hace poco estéticos a medida que va pasando el tiempo del almacenaje. Estos autores no hacen referencia alguna al diámetro ecuatorial.

Los tubérculos de papa pueden presentar forma oval, oval alargada, oval redondeada, redondeada, entre otras LISINSKA y LESZCZYNSI (1989). La utilización del diámetro ecuatorial, se propone, como uno de los parámetros que al relacionarlo con el diámetro polar del tubérculo, puede ser utilizado para determinar la forma original del tubérculo, y cómo dicha relación va variando en tubérculos infectados por *H. solani*, a medida que aumenta el nivel de infestación y aumenta el período de almacenaje. La relación diámetro ecuatorial/polar del tubérculo, fue utilizada como parámetro por LIRA (1987), para caracterizar frutales de carozo que son almacenados y por MARTINEZ (2001), para caracterizar las formas de distintos clones en avellana. Lo anterior, dá ejemplo de la importancia de las mediciones ecuatoriales, en estructuras vegetales. No obstante, la utilización de este parámetro, demostró ser irrelevante en este estudio.

Dado que la medición del diámetro ecuatorial, no tuvo relevancia, lo contrario ocurrió, con los resultados relacionados con el diámetro polar. Respecto a este último, al igual que en el diámetro ecuatorial, el objetivo fue, el de comenzar a formar una base de datos que muestre los efectos de *H. solani*, en tubérculos de papa almacenados, la cual se encuentre disponible para futuros estudios.

Los promedios de los diámetros polares, en tubérculos que presentan distintos niveles de infestación, se presentan en el Cuadro 10. En este cuadro, es posible apreciar que el rango en que estos fluctuaron, va de 76 milímetros en el caso de tubérculos sanos (0% de infestación) hasta 68 mm en tubérculos que iniciaron el estudio con un 50%. Según estos resultados, el factor nivel de infestación ejerció una influencia significativa, en la incidencia de *H. solani* sobre el largo de los tubérculos.

La importancia del tamaño del tubérculo sobre la dispersión de *H. solani*, es ilustrada por JELLIS y TAYLOR (1977). Estos autores mencionan, que un incremento en el área, de superficie del tubérculo-semilla, resulta en un incremento en el área de producción de conidias. Al ser un tubérculo más grande y, por lo tanto, más largo en comparación a otros menores, la mayor intensidad con que se van produciendo las conidias aumenta la severidad de sarna plateada sobre el tubérculo.

FIRMAN y ALLEN (1995), afirmaron lo dicho por los autores antes mencionados, refiriéndose a que la intensidad de la propagación y producción de conidias sobre la superficie del tubérculo, es mucho mayor en tubérculos más grandes.

Es posible concluir, por lo tanto, que en tubérculos infestados por *H. solani*, se produce una pérdida en el tamaño del tubérculo, derivada de la pérdida de peso por deshidratación. Por otra parte, en el estudio del diámetro ecuatorial, se mencionó, que esta variable no era afectada significativamente por la presencia de este patógeno. Por lo tanto, se puede deducir, que es el diámetro polar del tubérculo el que se ve directamente influenciado por la incidencia de *H. solani*. Lo anterior, es respaldado no solo por la información entregada en los Cuadros 10 y 11 de este estudio, sino que también, con la entregada por JELLIS y TAYLOR (1977) y también FIRMAN y ALLEN (1995).

Las consecuencias comerciales e industriales, para papa destinada a estos fines, pueden ser muy relevantes. Efectivamente, una severa infección en tubérculos de papas de piel amarilla, de forma oval alargada, y que sean destinadas a la industria, impediría el procesamiento de estos, producto de una fuerte deshidratación. Esta, implica una gran disminución del tamaño y calidad del producto final procesado. De esta forma, si se inicia un almacenaje con tubérculos de piel clara, que posean sobre un 10% de infestación por *H. solani*, estos en un corto período de tiempo, no tendrán el valor industrial requerido para procesamiento, por ejemplo, de prefritos congelados.

El factor fecha de almacenaje, también resultó ser significativo, en relación, a la incidencia de *H. solani*, sobre el diámetro polar de los tubérculos. En efecto, hubo diferencias altamente significativas entre los diámetros polares, correspondientes a las 6 fechas que incluye el estudio. En general a partir de los 15 días de almacenaje, comienzan a presentarse diferencias significativas en el largo, para tubérculos infestados en los distintos niveles estudiados. Esto último, indica que, para mantener la calidad de los tubérculos, que iniciaron el almacenaje con niveles de 10, 25 y 50% de sarna plateada sobre su piel, en general no deberían permanecer almacenados más allá de 15 a 30 días (Cuadro 10), o de lo contrario la disminución del diámetro polar, se vera afectada significativamente. Así, por ejemplo, tubérculos que comenzaron el almacenaje con un 50% de infestación sobre su piel, sufrieron una pérdida de casi 10 mm de largo entre la primera y la última medición, período que abarca 75 días de almacenaje (Cuadro 11).

Es posible aseverar, con completa seguridad, que realmente es el largo del tubérculo el que se ve más afectado (en comparación al diámetro ecuatorial), por la incidencia de *H. solani*. A este respecto, no existen otros estudios que respalden esta hipótesis y que lo evidencien con hechos concretos.

Finalmente, es posible mencionar, según la información obtenida en este estudio, que la interacción entre los factores nivel de infestación y fecha de medición, influyeron significativamente en los resultados.

Otra sección de este trabajo, dice referencia con la determinación de la turgencia, en tubérculos que son infectados por *H. solani*. Para determinar la turgencia, se midió la presión en tubérculos sanos e infestados. La presión de los tubérculos fue medida en kg, y se determinó con un penetrómetro, instrumento que determina la resistencia que ejerce un tejido a la ruptura, producto de una fuerza de presión aplicada (HARKER *et al.*, 1996).

Los promedios de presión, obtenidos en los tubérculos de papa, infestados en distintos grados por *H. solani*, fueron presentados en el Cuadro 12. En él, es posible observar, que el rango en que fluctúan las presiones de estos tubérculos, va desde 8,74 kg en el testigo al inicio del estudio, y de 5,1 kg en tubérculos infestados en un 50% al final de este.

Las fuertes disminuciones de la turgencia (expresadas en este estudio a través de la presión), tienen directa relación con la deshidratación y con el daño en la piel que produce el hongo. A este respecto, el MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE (SAG) (2000), menciona que, sarna plateada, es una enfermedad que afecta principalmente a la piel del tubérculo, haciendo que ésta se vuelva más débil y permeable, produciéndose un aspecto fofo, lacio y arrugado de este. Aunque no se encontró información, sobre estudios realizados respecto a este parámetro, es posible pensar que la disminución de los promedios de presión, se deba al daño celular irreparable, provocado por la presencia del hongo (HEINY y McINTYRE, 1983). En efecto, lo dicho anteriormente, es apoyado por los resultados obtenidos en este estudio, ya que se presentaron significativas bajas en los promedios de resistencia de la piel, en tubérculos infestados, frente a la aplicación de una fuerza de presión. La

disminución en la calidad de la piel, en tubérculos enfermos, fue evidenciada por la presencia de una piel más débil y delgada. La resistencia de la piel, a la penetración ejercida a través del penetrómetro, fue notablemente menor a medida que aumentaba el nivel de infestación en los tubérculos, y por otra parte, a medida que el tiempo de almacenaje también aumentaba. En efecto, el análisis de varianza realizado para este estudio, indica que existe una interacción altamente significativa entre los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje. Existiría por lo tanto, una relación inversamente proporcional entre el factor nivel de infestación y la variable presión, y también, una relación inversamente proporcional entre el factor, fecha de almacenaje y la misma variable.

Por otra parte, MERIDA y LORIA (1991), realizaron estudios respecto a los efectos, del cultivar de papa, en la severidad de sarna plateada. Aunque la presión de los tubérculos no fue evaluada por estos investigadores, ellos mencionaron que el factor cultivar, por sí solo, posee un efecto significativo frente a distintos parámetros evaluados. Esto nos indica, que los resultados obtenidos en este estudio, no pueden generalizarse, ya que las características intrínsecas de la papa, condicionan respuestas diferentes en las evaluaciones.

RODRIGUEZ *et al.*,(1995), mencionan que algunos cultivares son menos susceptibles que otros y, por lo tanto, la resistencia que ejerce su piel también lo es. Lo anterior, es confirmado por HARDY *et al.*,(1997) quienes publican en una de sus investigaciones, que tubérculos de piel roja son menos resistentes a sarna plateada, que los de piel blanca. Se esperaría, entonces, que la presión ejercida por los tubérculos rojos, se vea aún más disminuida, que aquellas obtenidas en este estudio.

Aunque no es posible reafirmar lo anterior, ya que en este caso sólo se estudió el cv. Monalisa, si es posible mencionar, que la incidencia de *H. solani*,

produce efectos significativos, sobre la presión de los tubérculos en este cultivar, el cual fue poco a poco perdiendo la firmeza de su piel. De este modo se llegó a un punto, en que trozos de piel se desprendieron, producto de la muerte celular al ingresar la hifa del hongo, a la célula (HEINY y McINTYRE, 1983). Así, parte de la superficie del tubérculo queda expuesta, sin una cubierta protectora, por lo cual se va perdiendo resistencia. Por otro lado, otros autores mencionan, que las pérdidas de agua vuelve la piel dura, lo cual no es deseable posteriormente en la industria (MAHONEY y CHRIST, 2001). Esto último no fue observado en este estudio, al contrario, la piel de los tubérculos infectados se presentó cada vez más frágil y, aunque no se midió la variación en el grosor que fue presentando la piel, ya que no era el objetivo de este estudio, ésta se observó más delgada y oscura que la presentada en tubérculos sanos.

Se recomienda, para estudios futuros, realizar mediciones de la variable presión, en tubérculos de distintos cultivares. De esta manera, se tendrá un rango más amplio de comparación para los distintos efectos producidos en cada uno de ellos.

En lo que respecta a la incidencia de *H. solani*, sobre los brotes en tubérculos de papa, algunos informes mencionan el efecto que produce la presencia de este hongo, sobre la producción y la calidad de estos.

La fuente primaria de inóculo de *H. solani*, es el tubérculo-semilla de papa, o tubérculo madre, que da origen a nuevos tubérculos de papa (JERGER *et al.*, 1996). Esto indica que, en la cosecha, los tubérculos ya pueden venir infectados. Según varios estudios reportados, el estolón sería la estructura por la cual se transmite la enfermedad. La mayoría de las lesiones, causadas por el hongo, se concentran en la parte terminal del estolón (RODRIGUEZ *et al.*, 1996).

A partir de la información obtenida, a través del Análisis de varianza (Anexo 7), es posible mencionar, que existe una interacción significativa entre los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje, con respecto al número de brotes por tubérculo. Sin embargo, el efecto del factor nivel de infestación, por sí solo, no es significativo sobre el número de brotes producidos.

A este respecto, HIDE y ADAMS (1980), señalaron, que entre un 30-60% de los ojos, en los tubérculos de papa, mostraron presencia de conidióforos. Esto indica, que cuando se produce la emergencia de brotes, ya existe una potencial infección, por lo cual podría verse afectado su desarrollo y por ende su calidad. Por otra parte, también mencionan que basta con un 10% de superficie del tubérculo expuesta e invadida por el hongo, para que exista una presencia significativa de conidioforos sobre los ojos del tubérculo. Aunque a partir de la información recogida de este estudio, no se visualizó la presencia de conidioforos sobre los ojos de los tubérculos, ya que no era el objetivo de este estudio, si es posible mencionar, que la cantidad de brotes desarrollados sobre tubérculos enfermos, fue menor que la producida sobre tubérculos sanos.

En efecto, a partir de los resultados obtenidos en este estudio, es posible visualizar, que aunque el efecto del factor nivel de infestación, por sí solo, no es significativo (Cuadro 14), la interacción entre este y la fecha de almacenaje si lo es (Anexo 7). Según lo observado en el Cuadro 15, es posible afirmar lo anterior, y mencionar además, que a partir de los 15 días de almacenaje, tubérculos infestados en distintos grados, comienzan a presentar diferencias significativas en el número de brotes. Lo mencionado anteriormente, es también confirmado por un estudio realizado por LENNARD (1980), a partir del cual señala que en tubérculos de papa cv. Shelagh el número de brotes desarrollados en tubérculos sanos, fue mayor, que el número desarrollado en tubérculos infestados por *H. solani*.

Se hace necesario, mencionar además, las características físicas que fueron presentando los brotes enfermos, en relación a los sanos, durante el transcurso del estudio. En el caso de tubérculos sanos, a partir de los 30 días de almacenaje, estos fueron presentando brotes cortos y robustos, los que permanecían adheridos con fuerza al tubérculo. Lo contrario sucedió con los brotes correspondientes a tubérculos enfermos. Estos, a medida que se fueron desarrollando, se presentaron largos y mucho más delgados que los anteriores, adhiriéndose débilmente al tubérculo, por lo se desprendían con facilidad, producto, seguramente, de la fuerte deshidratación que los afectaba. Respecto a lo anterior, no existen reportes previos que lo confirmen.

Siguiendo la línea de la incidencia de *H. solani* sobre los brotes, se discute a continuación, los efectos que produce este hongo sobre el peso de los brotes, al final del período de estudio. Es posible observar en el Cuadro 16, que aunque existen diferencias entre los pesos promedios de brotes, éstos no fueron estadísticamente significativos, entre los distintos niveles de infestación. El rango de dichos promedios, fluctuó entre 36,5 g en aquellos infestados en un 25% y 21, 1 g en tubérculos con un 50% de infestación. Se esperaría, que los brotes correspondientes a los tubérculos sanos (testigo), hubiesen presentado los mayores promedios de peso, lo cual no sucedió, ya que el peso promedio de brotes, provenientes de tubérculos enfermos, fue mayor. La causa adjudicada a este hecho, no es clara, y no ha sido mencionada anteriormente por otros autores. Sin embargo, esto podría deberse, a que el cultivar utilizado en este estudio, pudo haber presentado alguna reacción fisiológica diferente, en tubérculos infestados. Esto se traduce, en una formación de brotes más largos lo que aumenta su peso final. AGRIOS (1996), menciona que las plantas poseen métodos de defensa a nivel celular, los que implica muchas veces modificar su desarrollo fisiológico y estructural. Lo anterior puede ser aplicado en este caso.

Aunque no es posible aseverar lo anterior, ya que no existen estudios previos que respalden dicha afirmación, es posible mencionar que en el cv. Monalisa, bajo las condiciones de este estudio, no hubo diferencias significativas entre los pesos de los brotes en los distintos niveles de infestación, aunque sí se visualizaron, características físicas diferentes entre brotes provenientes de tubérculos sanos y enfermos. Por otra parte, debe considerarse que el coeficiente de variación fue alto (14,2%), lo que indica que el error experimental fue alto y que quizá la metodología experimental no fue la adecuada para este tipo de estudio.

Finalmente, es pertinente mencionar, a este respecto, que la infección de ojos en tubérculos de papa, por conidioforos de *H. solani*, limita el desarrollo óptimo de los futuros brotes. Esto implica, por lo tanto, que además de producirse un rechazo en el consumo de este tubérculo, producto de la gran deshidratación sufrida, se producirá también, un tubérculo no viable como semilla.

La sección del estudio, que se discute a continuación, corresponde al grado de avance de la enfermedad, causada por *H. solani*, sobre la superficie del tubérculo. Lo que respecta a este parámetro, es quizá, el aspecto más estudiado y publicado por diversos autores en el pasado.

H. solani, tiene solo un hospedante, que corresponde al tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Hawker) (MINISTERIO DE AGRICULTURA. SAG, 2000). Este hongo es, por lo tanto, un patógeno específico, a cuyo hospedero se ha relacionado estrechamente. Esto último, intensifica aún más el daño real y potencial que el tubérculo puede sufrir.

Sarna plateada, es considerada una enfermedad de importancia secundaria, que produce un daño estético sobre el tubérculo (CONTRERAS, 2000b).

A través de los resultados obtenidos en esta sección, se puede afirmar, que sarna plateada afecta la calidad del tubérculo. En este estudio, la determinación de cuanto avanza la enfermedad (%), se realizó observando el porcentaje de superficie cubierto por el hongo, para cada uno de los niveles de infestación con los cuales se comenzó el almacenaje, y para cada una de las fechas del almacenaje. Los resultados obtenidos, indican que, se observaron diferencias significativas en el avance de la enfermedad, respecto a los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje. Lo anterior, se confirma con reportes anteriores realizados por MERIDA y LORIA (1994); HIDE *et al.*, (1988); JELLIS y TAYLOR (1977) y HILTON *et al.*, (2000), entre otros.

Investigaciones realizadas anteriormente, indican que la severidad con que los tubérculos son afectados, depende en gran parte del cultivar (cv.) de papa de la que se trate. Así por ejemplo, en un estudio realizado por BAINS *et al.*, (1996), señalaron que el cv. Norchip presenta un mayor desarrollo de la enfermedad, sobre la piel del tubérculo, que los cv. Russet Burbank y Shepody. Más tarde, HILTON *et al.*, (2000), mencionan que el cv. Shelagh presenta mayor severidad en el desarrollo de la enfermedad que cv. Shula. Lo anterior, no puede ser confirmado a partir de los resultados obtenidos en este estudio, debido a que la evaluación de este parámetro se realizó solo en cv. Monalisa. Sin embargo, es posible mencionar, que para los efectos de este estudio, existe una interacción estadísticamente significativa, respecto a los factores nivel de infestación y fecha de almacenaje sobre el avance de la enfermedad.

Por otra parte, varios autores concuerdan en el hecho de que la severidad de sarna plateada, sobre distintos cultivares de papa, se presenta con intensidad distinta entre un año y otro. Así por ejemplo, Desirée reportó daños más severos en los años 1994 y 1997 en relación a otros años (HILTON *et al.*, 2000). Al respecto, no es posible afirmar, a partir de este estudio, lo dicho por estos autores, ya que la evaluación se realizó en un solo periodo que

comprendió 75 días. Sin embargo, para futuras evaluaciones se considera importante realizar este tipo de estudios. Esto es necesario, para determinar la ciclicidad de la incidencia de sarna plateada en tubérculos almacenados, entre un año y otro, y bajo las condiciones de almacenaje presentes en Chile.

RODRIGUEZ *et al.*,(1996), señalan que las condiciones presentes al interior de la bodega de almacenaje, juega un rol importante. Tubérculos que son almacenados con temperatura (6°C) y HR alta (90%), avanzan más rápido en el porcentaje de la enfermedad en un período de tiempo más corto. En efecto, las condiciones de almacenajes, alta temperatura y alta humedad relativa, que se utilizaron en este estudio, influyeron positivamente en el desarrollo rápido de la enfermedad, para los distintos niveles de infestación, con los cuales se comenzó el estudio. A partir de Cuadro 17, es posible mencionar, que para todos los niveles de infestación estudiados (10, 25 y 50%), a partir de los 15 días de almacenaje, se presentaron diferencias estadísticamente significativas, respecto al avance de la enfermedad producida por *H. solani*.

El nivel de infección que presenten los tubérculos al inicio del estudio, es también un factor importante. Este estudio lo confirma, y es posible mencionar, que cuanto mayor sea el nivel de infestación con el cual los tubérculos de papa comienzan el almacenaje, más rápido es el avance de la enfermedad. De esta manera, el tubérculo se verá rápidamente cubierto por el hongo. Lo anterior, es confirmado por HARDY *et al.*,(1997), quienes señalan, que los tubérculos más afectados por sarna plateada, al final del estudio realizado por estos, son aquellos que se iniciaron con un mayor nivel del hongo sobre su piel.

Se adjudica, por lo tanto, a los factores nivel de infestación y tiempo de almacenaje, y a la interacción entre ambos, como importante, ya que la variación de estos factores influye considerablemente en el avance que presente la enfermedad sobre tubérculos de papa.

Finalmente, se debe mencionar, que a partir de este tipo de estudios es posible determinar el tiempo adecuado de almacenaje, para tubérculos que son guardados, con un cierto grado de infección por *H. solani*. Por otra parte, es importante señalar, que tubérculos que comienzan el almacenaje con un bajo nivel de infestación, presentarán un desarrollo violento de la enfermedad, dependiendo de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, presentes en la bodega de almacenaje. De esta forma, infestaciones de un 10, 25 y 50%, que son almacenados por más de 75 días, a temperaturas de 6°C y 90% de humedad relativa, terminaran este periodo, con más de tres cuartas partes del tubérculo invadido por el hongo, con la consecuente deshidratación y desvalorización comercial que esto produce.

6. CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis nula ya que no existen los suficientes argumentos para rechazarla. Efectivamente, tubérculos afectados por infección natural de *H. solani* pierden más peso que tubérculos sanos.
- Los niveles de infestación 10, 25 y 50% de *H. solani*, presentaron efectos significativos sobre la pérdida de peso, a partir de los 15 días de almacenaje.
- El diámetro ecuatorial no se encuentra influenciado por los niveles de infestación de 10, 25 y 50% de *H. solani*, para ninguno de los tiempos de almacenaje estudiados.
- El diámetro polar de los tubérculos se redujo con los distintos niveles de infestación de *H. solani* 10, 25 y 50%, a partir de los 15 días de almacenaje para tubérculos infestados en un 25 y un 50%.
- La turgencia de los tubérculos, presentó diferencias significativas entre los distintos niveles de infestación de *H. solani* estudiados (10, 25 y 50%), a partir de los primeros 15 días de almacenaje.
- El número de brotes producidos durante el estudio, no presentó diferencias respecto a los distintos niveles de infestación de *H. solani* estudiados (10, 25 y 50%). Sin embargo, si fue significativo respecto al tiempo de almacenaje en tubérculos infestados por este hongo, ya que, a partir de los 15 días de almacenaje, comenzaron a presentarse diferencias significativas.

- El peso de los brotes, al final del estudio, no presentó diferencias en los distintos niveles de infestación de *H. solani* estudiados (10, 25 y 50%). Esto no coincide con la información entregada en estudios anteriores, lo cual pueda deberse a un error en la metodología experimental elegida para la determinación de esta variable.
- El avance de la enfermedad aumentó con respecto a los distintos niveles de infestación por *H. solani* estudiados (10, 25, y 50%) a partir de los 15 días de almacenaje.

7. RESUMEN

Las regiones IX y X del sur de Chile, presentan ventajas comparativas naturales y condiciones sanitarias de excelencia que le han permitido abastecer los requerimientos de papa-semilla, tanto a nivel nacional como la exportación a países de Latinoamérica como: Brasil, Venezuela, Uruguay y Argentina, y en cada oportunidad ha cumplido fielmente las exigencias del país importador. Para conservar y mantener un prestigio como país productor y exportador de papa-semilla, es necesario realizar estudios de los problemas sanitarios que generan pérdidas económicas de consideración, especialmente los provocados por hongos. *Helminthosporium solani* Dur & Mont, agente causal de la “Sarna plateada”, se encuentra presente en el 90% de la producción de papas en esta región, constituyendo una enfermedad estética que limita el producto etiquetado disminuyendo la turgencia y el vigor del tubérculo.

El objetivo de este trabajo, consistió en estudiar la patogénesis de *H. solani*, sobre tubérculos de papa cv. Monalisa, respecto a los factores nivel de infestación inicial al momento del almacenaje y fecha. Para esto se estudiaron los parámetros: pérdida de peso, diámetro ecuatorial y polar del tubérculo, presión, número de brotes y avance de la enfermedad durante un periodo de almacenaje de 90 días.

Los resultados indicaron, que los factores, nivel de infestación presente al inicio del almacenaje y fecha (tiempo de almacenaje), ejercen un efecto significativo sobre el peso, diámetro polar, turgencia y avance de la enfermedad, en tubérculos almacenados. El número de brotes, solo varia significativamente respecto a la fecha en tubérculos infestados. Finalmente, ambos factores no ejercen efectos significativos, respecto a las variables, diámetro ecuatorial y peso de los brotes al final del estudio.

SUMMARY

The IX and X Regions of southern Chile present natural comparative advantages and sanitary conditions of excellence which have enable them to cover the tuber seed requirements, both at national and exportation level to Latin American countries such as: Brazil, Venezuela, Uruguay and Argentina, and at every opportunity it has fulfilled faithfully the exigence of the importer country. To conserve and maintain a prestige as a producing and exporting country of tuber seed , it is necessary to make studies of the sanitary problems that generate considerable economic losses , especially the ones created by fungi. *Helminthosporium solani* Dur & Mont, causal agents of the silver scurf it is present on 90% of the tuber production in these regions, constituting an esthetic disease which limit the labeled product diminishing the turgescence and vigour of the tuber.

The objective of this work, consisted in studying the pathogenesis of *H.solani* over the cv. Monalisa potato tuber, regarding the factors of initial infestation level at the time of storage. For that reason the following parameters where studied: loss of weight, ecuatorial diameter, length of the tuber, pressure, number of buds and advancement of illness during a 75 day storage period.

Results indicated that the factors level of infestation present at the beggining of storage and time of storage perform a significant effect over the weight, polar diameter, turgescence and advancment of the disease, on stored tubers. The number of buds only varies significantly in relation to the date of infested tubers. Finally, both factors do not perform significant effects in regards to the ecuatorial diameter variable and weight of the buds at the end of the study.

8. BIBLIOGRAFIA

AGRIOS,G. 1996. Fitopatología. Noruega Editores. 2ª ed. DF (México).838p.

----- 1997. Plant pathology. 4th ed. New York. Academic Press.635p.

APABLAZA, G. 1999. Patología de cultivos. Epidemiología y control holístico. Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile). 346p.

BAINS, P., BISHT,V y BERNARD.D. 1996. Soil survival and Thiabendazole sensitivity of *Helminthosporium solani* isolates from Alberta, Canada. Potato Research. 39. pp 23-30 .

CALDERONI, A. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Ed. Hemisferio sur. 141p.

CENTRO AGROPECUARIO DE SAO MIGUEL ARCANJO, 1997. Monalisa ganha preferência . < <http://www.estado.estadao.com.br/jornal/suplem/agri/97/07/02/agri950.html#inicio>>. (7 ene. 2002).

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1998. La papa en cifras: Producción, Uso, Consumo, Comercialización. < www.cipotato.org/market/Potatofacts/papapdf/papaprod.pdf >. (13 marz. 2001).

CONTRERAS, A.1994.Cursos de actualización. Avances en producción y sanidad vegetal. Alternativas de producción de papa en la XI Región. Coyhaique. (Chile).128 p.

- 1997. Producción de papa-semilla para pequeños agricultores del sur de Chile. Universidad Austral de Chile. 2ª ed. Valdivia (Chile) 83p.
- 1998. La papa en cifras. Producción, uso y comercialización.< www.Cipotato.org/market/potatofacts/papadf/pap_aprod.pdf >.(25 nov. 2001).
- . 2000a. La papa en su mesa. Calidad y uso. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°5. Osorno (Chile). 14p.
- 2000b. La papa en el contexto nacional e internacional. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°6. Osorno (Chile). 16p.
- 2001. La papa. In: sitio web. <www.agrarias.uach.cl/webpapa >. (27 marz. 2002).
- ELSON,M. SCHISLER,D y BOTHAST,R. 1997. Selection of Microorganisms for biological control of Silver scurf (*Helminthosporium solani*) of potato tuber. Plant Disease. 8:(6). 647-652.
- FIRMAN, D. y ALLEN, E. 1995. Effects of seed size, planting density and planting pattern on the severity of silver scurf (*Helminthosporium solani*) and black scurf (*Rhizoctonia solani*) diseases of potatoes. Annals of Applied Biology. 127:(1). 73-85.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2000. Base de datos vía internet. < www.fao.org > (23 marz. 2002).

- FRAZIER, M. 2000. Assessment of fungicide combinations as seed treatments for controlling Silver scurf (*Helminthosporium solani*) during tuber growth, at harvest and after storage. In: Potato storage Research. University of Idaho. College of Agriculture. <www.Kimberly.uidaho.edu/potatoes/scurftrt.htm>. (9 sep. 2001).
- GUTIERREZ, M. 2000. Sarna plateada. Achipa (Chile). (6):5.
- HALL, S y HIDE, G. 1994. The control of Silver scurf and development of thiabendazole resistance in *H. solani* as affected by the rate of fungicide applied to potato seed tubers. Potato Research. 37: 403-411.
- HARDY, C., BURGESS, P y PRINGLE, R. 1997. The effect of condensation on sporulation of *Helminthosporium solani* on potato tubers infected with Silver scurf and held in simulated store conditions. Potato Research. 40:169-180.
- HARKER, F., MAINDONALD, J y JACKSON, P. 1996. Penetrometer measurement of apple and kiwifruit firmness: Operator and instrument differences. Journal American Society Horticultural Science. 121: (5). 927-936.
- HEINY, C y McINTYRE, G. 1983. *Helminthosporium solani* Dur & Mont. Development on Potato periderm. American Potato Journal. 60: pp 773-789.
- HIDALGO, O y RINCÓN, H. 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del cono sur. CIP. Lima (Perú). 199p.

- HIDE, G y ADAMS, M. 1980. Relationship between disease levels on seed tubers, on crops during growth and in stored potatoes. 3. Silver scurf. Potato Research. 23: pp 229-240 .
- HIDE, G., SHARON, M y BOORER, R. 1988. Resistance to thiabendazole in isolates of *Helminthosporium solani* , the cause of Silver scurf disease of potato. Plant pathology. 37: 377-380.
- HILTON, A., STEWART, H., LINTON, S., NICOLSON, M. y LEE. A. 2000. Testing the resistance to Silver scurf in commercial potato cultivars under controlled environmental conditions. Potato Research. 43: 263-272.
- HOOGENBOORN, J. 1997. Seed potato business. In: II Seminario Latinoamericano de la Papa. Uso y Comercialización. Asociación Chilena de la papa (ACHIPA). Puerto Varas, Chile. pp 60-64.
- HOOKER, W. 1981. Compendium of Potato disease. Minesota (USA). 125 p.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA). 2001. Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Colección de documentos IICA. <WWW.Agrocadenas.gov.co/documentos/documentos.htm >. (2 may. 2002).
- JARAMILLO, A. s/f . La papa. Control de sus enfermedades y plagas en América Latina. Philadelphia (EE.UU). 40 p.
- JELLIS, G y TAYLOR, G. 1977. The development of Silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease of potato. Ann. Appl. Biology. 86:19-28.

- JERGER, M., HIDE, G., VAN DEN BOOGERT, J., TERMORSHUIZEN, A y VAN BAARVEN, P. 1996. Pathology and control of soil-borne fungal pathogen of potato. *Potato Research*. 39:437-469.
- KIRAN, S., FRAZIER, M., KLEINKOPF, G y NOLTE, P. 1996. Silver scurf of potatoes. In: *Potato storage research*. <www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/ssmanage.htm>. (9 sep. 2001).
- LATORRE, B. 1988. Enfermedades de las plantas cultivadas. Ed. Universidad Católica De Chile. Santiago. Chile. 307 p.
- LENNARD, J. 1980. Factors affecting the development of Silver scurf (*Helminthosporium solani*) on potato tubers. *Plant pathology*. 29:87-92
- LIRA, E. 1987. Variación estacional en el contenido de aceite, contenido de humedad, relación pulpa-largo, diámetro polar, diámetro ecuatorial y calidad organoléptica. Tesis Ing. Agr. Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ciencias Agrarias. 116p.
- LITTLE, T. y HILL, J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. Trillas. 254p.
- LISINSKA, G y LESZCZYNSKI, W. 1989. *Potato science and Technology*. Elsevier Science Publishers Ltd. New York. (USA). 39p.
- MAHONEY, S y CHRIST, B. 2001. Northampton County Cooperative Extension Vegetable and Fruit Production. <www.northampton.extension.psu.edu/AgNR/vegfrt.html> (10 sep 2001).

- MARTINEZ, C. 2001. Evaluación de la producción de nueces de once clones de *Geuvina avellana* Mol. Tesis Ing, Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.87 p.
- MERIDA,C y LORIA, R. 1991. Silver scurf of potato. In: Vegetable MD Online. Departament of Plant Pathology. Cornell University. <vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/potato_SilverScurf.htm>. (10 sep. 2001).
- MERIDA, C y LORIA, R. 1994. Effects of pottato cultivars and time of harvest on the severity of Silver scurf. Plant Disease. 78:(2). 146-149.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 1994. Normas generales y específicas de certificación de semillas. Ministerio de Agricultura (Chile).Santiago. 109 p.
- . 1999. Normas Específicas de Certificación de Papa (*Solanum tuberosum* L.). Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°2. Osorno (Chile). 14p.
- . 2000. Diseño de una estrategia de control integrado orientada a incrementar la calidad fitosanitaria certificada del cultivo de la papa de semillas SZ, sus asociados y productores de la zona sur de Chile. 157p.
- MONARES, A. 1988. La papa en Chile. Tubérculos-semilla de categoría certificada. CIP. (Perú). 87p.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA).2002. Base de datos. < [www. ODEPA.cl](http://www.ODEPA.cl) >. (26 abr. 2002).

OLIVIER, C., HALSETH, D., MIZUBUTTI, S y LORIA, R. 1998. Postharvest application of organic and inorganic salts for suppression of Silver scurf on potato tubers. *Plant Disease*. 82: (2) 213-217.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2002. Base de Datos. < WWW.FAO.org>. (15 abr. 2002).

RODRIGUEZ, D., SECOR, G., GUDMESTAD y N, GRAFTON, G.1995. Screening tuber-Bearing *solanum* species for resistance to *Helminthosporium solani*. *American Potato Journal*. 72. 669-679 pp.

RODRIGUEZ, D., SECOR. G., GUDMESTAD, N y FRANCL, L. 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed y commercial storages. *Plant Disease*. 80:(9) 1063-1070.

SANTANA. R. 1998. Perspectivas en el mercado de Latinoamerica y el Caribe del tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum* L. spp.) proveniente de Chile. Tesis Ing, Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.156p.

SCHNETTLER, E. 2000. Tratamiento de semillas de papa a la siembra: un aspecto clave en el manejo del cultivo. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°5. Osorno (Chile). 14p.

SECOR, G. 2000. Silver scurf of potato. In: Department of plant pathology. North Dakota State University. <www.ndsu.nodak.edu/instruct/gudmesta/lateblight/image3_3.html>. (09 sep. 2001).

SEMILLAS SZ SOCIEDAD ANONIMA. S/f. Principales características de las semillas de papa SZ. Chile.

SHETTY,K., FRAZIER, M., KLEINKOPF, G y NOLTE,P. 1996. Silver scurf of potatoes. In: Potato Storage Research. Kimberly Research and Extension Center. University of Idaho. College of Agriculture. <www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/ssmanage.htm>. (9 sep. 2001).

SMITH, W. 1978. Market diseases of potatoes. Washington, D.C. (USA). US. Department of agriculture. 99p.

SMITH, I., DUNEZ, J., LELLIOTT, R., PHILLIPS, D y ARCHER, S. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ed. Mundi-prensa, Madrid(España). 671p.

SNOWDON, A.1991. A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruit and vegetables. Copyright. Aylesbury. England. 416p.

TAUCHER, E. 1997. Bioestadística. Ed. Universitaria. Chile. 310p.

TAPIA, B. 2002. Situación actual y perspectivas de la papa. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°11. Osorno (Chile). 16p.

9. ANEXOS

ANEXO 1. VARIEDADES CERTIFICADAS DE PAPA PRODUCIDAS EN CHILE 1999/2000.

Variedad	Color piel	Color pulpa	Forma tubérculo	Reacción a enfermedades					Aptitud
				PI	PLRV	PVX	PVY	ND	
AKIRA	Amarilla	Blanca amarillenta	Oval	MR	MR	MS	-	R	Cocida
AMADEUS	Roja	Blanca amarillenta	Oval redondeado	MR	MR	MR	MR	R	Cocida
ASTERIX	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	MR	MS	MS	MS	R	Frita,cocida,prefrito congelado
ATLANTIC	Blanca	Blanca	Oval redondeado	R	MS	R	S	R	Chips-cocida
BARAKA	Amarilla	Blanca amarillenta	Oval aplastado	R	MS	R	R	S	Frita-cocida
BINTJE	Amarilla	Blanca amarillenta	Oval alargado	S	MR	MS	MS	S	Frita,cocida,prefrito congelado
CARDINAL	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	R	MR	MR	MR	R	Cocida
CORNADO	Roja	Blanca amarillenta	Oval redondeado	R	MR	R	R	R	Cocida
DESIREE	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	MS	MS	MR	R	S	Frita-cocida
DURA	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	MR	MR	MR	-	R	Cocida
GRANOLA	Amarilla	Amarilla	Oval redondeado	S	MR	MR	MR	R	Cocida
KENNEBEC	Blanca	Blanca	Oval redondeado	MS	S	MS	MR	S	Chips-frita
LIDO	Amarilla	Amarilla	Oval	S	MR	MR	MR	R	Cocida
MONALISA	Amarilla	Blanca amarillenta	Oval alargado	MS	MS	MR	R	S	Cocida

(Continúa)

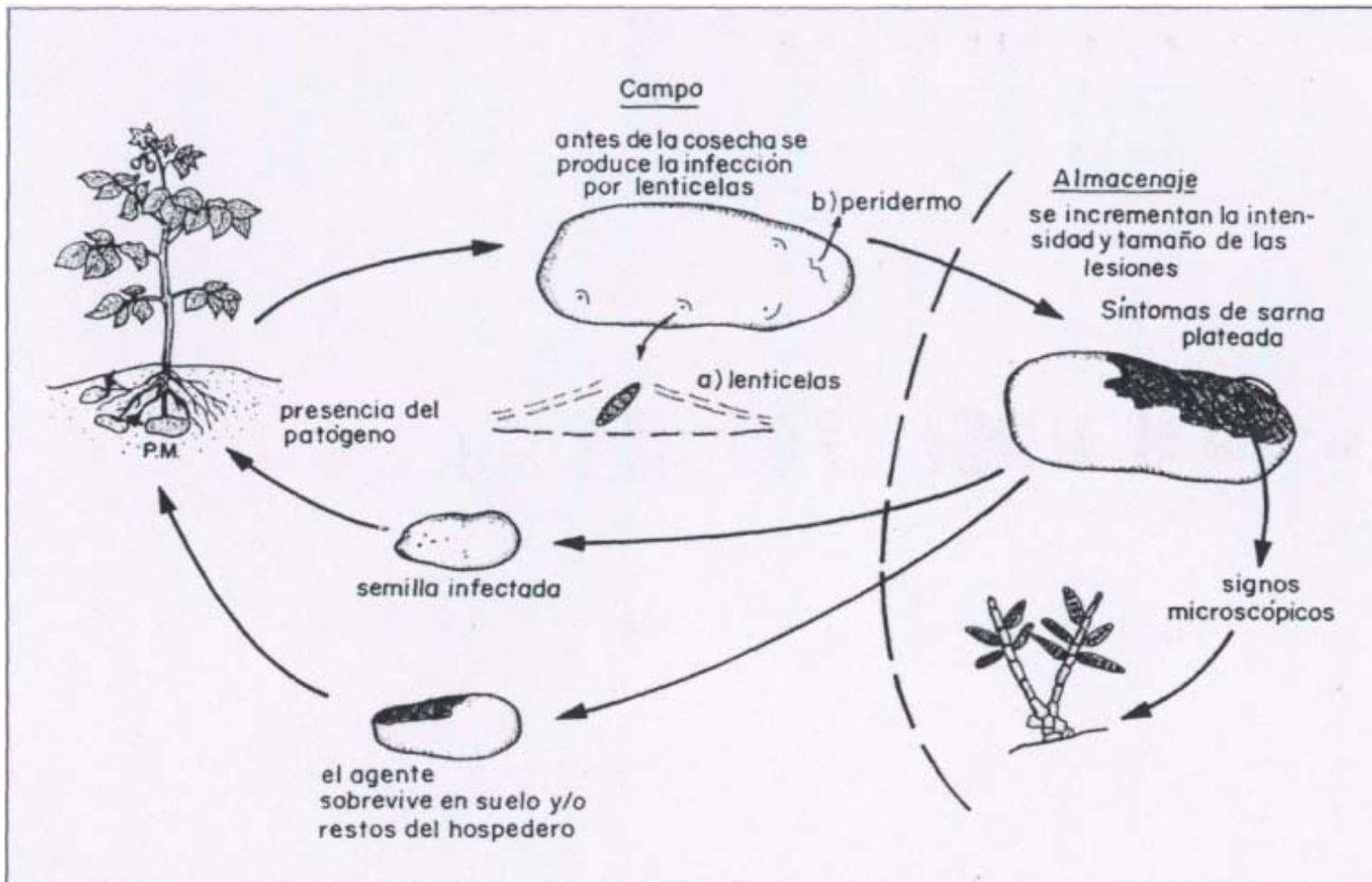
Continuación Anexo 1

Variedad	Color piel	Color pulpa	Forma tubérculo	Reacción a enfermedades					Aptitud
				PI	PLRV	PVX	PVY	ND	
OSCAR	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	MS	S	R	MR	R	Chips-cocida- Prefrito congel
PANDA	Blanca	Blanca amarillenta	Oval redondeado	MR	MR	MR	MR	R	Chips-almidón
PUKARA	Roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	R	MR	MR	MR	S	Chips-frita-cocida
ROMANO	Roja	Blanca amarillenta	Oval	MS	MS	MR	R	T	Chips-cocida
ROSARA	Amarilla	Amarilla	Oval redondeado	MS	MR	MS	R	R	Cocida
SATINA	Amarilla	Amarilla	Oval alargado	MR	MR	MS	-	R	Cocida
SYMFONIA	roja	Blanca amarillenta	Oval alargado	MR	MR	MR	R	R	
VELOX	Amarilla	Blanca amarillenta	Oval alargado	MS	MS	MS	-	R	Frita -cocida
YAGANA	Amarilla	Amarilla	Oval alargado	MS	R	R	MS	R	Cocido-Prefrito congelado

P. : Tizón del follaje P.V.X : Virus X ND : Nemátodo dorado M.R: Moderadamente Resistente S: Susceptible
 PLRV: Virus del enrollamiento P.V.Y: Virus Y R : Resistente M.S: Moderadamente susceptible T: Tolerante

FUENTE: SAG. Extraído de CONTRERAS, 2000a.

ANEXO 2. ² Ciclo de *Helminthosporium solani*



² CIAMPI, L. (2002). Ing. Agr., M. Se., Ph.D. Instituto de producción y sanidad vegetal. Universidad Austral de Chile. Comunicación personal.

ANEXO 3. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el peso de tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50%, de infestación, durante seis tiempos de almacenaje (días)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	15,09290	5	3,01858	**160,06	0,0000
B:Nivel de infestación	1,46931	3	0,48976	**25,97	0,0000
C:Repetición	0,03250	2	0,01625	0,86	0,4292
Interacción A X B	0,95652	15	0,01625	**3,38	0,0007
Residuo	0,86750	46	0,01885		
Total	18,41870	71			

** indica diferencias estadísticas altamente significativas.

ANEXO 4. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el diámetro ecuatorial de tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50% de infestación, en seis tiempos de almacenaje (días).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	183,9970	5	36,7994	1,80	0,1379
B:Nivel de infestación	143,1740	3	47,7247	2,33	0,0864
C:Repetición	28,9323	2	14,4661	0,71	0,4984
Interacción A X B	47,9738	15	3,1982	0,16	0,9998
Residuo	941,1020	46	20,4587		
Total	1345,1800	71			

ANEXO 5. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el diámetro polar, en tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50% de infestación, en seis tiempos de almacenaje (días).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	234,8890	5	46,9779	**159,80	0,0046
B:Nivel de infestación	74,4894	3	24,8298	**84,46	0,0024
C:Repetición	0,4969	2	0,2484	0,85	0,4360
Interacción A X B	9,2272	15	0,6151	*2,09	0,0282
Residuo	13,5231	46	0,2939		
Total	332,6260	71			

* indica diferencias estadísticamente significativas.

** indica diferencias estadísticas altamente significativas.

ANEXO 6. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani*, sobre la turgencia en tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50%, en seis tiempos de almacenaje (días).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	40,8158	5	8,16315	**152,41	0,0000
B:Nivel de infestación	20,9950	3	6,99833	**130,66	0,0000
C:Repetición	0,1141	2	0,05705	1,07	0,3530
Interacción A X B	5,1523	15	0,34348	**6,41	0,0000
Residuo	2,4637	46	0,05356		
Total	69,5409	71			

* indica diferencias estadísticas altamente significativas.

ANEXO 7. Análisis de Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el número de brotes ($\sqrt{X+1}$) en tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50% de infestación, en seis tiempos de almacenaje (días).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	1134,3468	5	226,9360	** 338,43	0,0029
B:Nivel de infestación	1,3369	3	0,4456	0,66	0,5781
C:Repetición	0,2435	2	0,1217	0,18	0,8345
Interacción A X B	47,3221	15	3,1548	*4,70	0,0342
Residuo	30,8457	46	0,6705		
Total	1214,1300	71			

* indica diferencias estadísticamente significativas.

** indica diferencias estadísticas altamente significativas.

ANEXO 8. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el peso de brotes al final del estudio, con 0, 10, 25 y 50% de infestación, en seis fechas de almacenaje

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Nivel de infestación	25,8560	3	8,6188	0,47	0,7089
B:Repetición	3,4922	2	1,7461		
Residuo	145,4400	8	18,1790		
Total	171,2900	11			

ANEXO 9. Análisis de la Varianza (ANDEVA). Incidencia de *H. solani* sobre el avance de la enfermedad en tubérculos de papa cv. Monalisa, con 0, 10, 25 y 50% de infestación, en seis fechas de almacenaje.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A:Fecha de medición	74,7427	5	14,8285	* 565,13	0,0408
B:Nivel de infestación	599,3720	3	199,7910	** 7614,20	0,0024
C:Repetición	0,2451	2	0,1225	4,67	0,0143
Interacción A X B	32,4228	15	2,1615	**82,38	0,0048
Residuo	1,1807	45	0,0262		
Total	722,0390	70			

* indica diferencias estadísticamente significativas.

** indica diferencias estadísticas altamente significativas.