

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

**Evaluación del daño causado por *Streptomyces scabies* (Thaxter)  
sobre tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*  
Hawkes.) durante el almacenaje**

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

**Lorena Soledad Cancino Osorio**

Valdivia Chile 2003

**PROFESOR PATROCINANTE:**

**Luigi Ciampi P.**

**Ing. Agr., M. S., Ph. D**

-----

**PROFESORES INFORMANTES:**

**Andrés Contreras M.**

**Ing. Agr.**

-----

**Ricardo Fuentes P.**

**Ing. Agr., M. Sc.**

-----

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Antecedentes generales de la papa	3
2.1.1	Superficie plantada, producción y distribución del cultivo en Chile	4
2.1.2	Comercialización	5
2.1.3	Producción papa semilla	7
2.1.3.1	Exigencias fitosanitarias	7
2.2	Factores que afectan al cultivo de la papa	9
2.2.1	Enfermedades que afectan la calidad estética de la papa en la zona sur	10
2.3	La “sarna común” de la papa causada por <i>Streptomyces scabies</i> (Thaxter)	11
2.3.1	Clasificación	11
2.3.2	Agente causal	11
2.3.3	Rango de hospederos	12
2.3.4	Síntomas	12
2.3.5	Signos microscópicos	14
2.3.6	Epifitiología	14
2.3.7	Ciclo de la enfermedad	14
2.3.8	Importancia económica	15
3	MATERIAL Y MÉTODO	18
3.1	Origen de la muestra de la papa y ubicación del ensayo	18

Capítulo		Página
3.2	Materiales	18
3.2.1	Material biológico	18
3.2.2	Material de laboratorio	19
3.3	Método	19
3.3.1	Descripción del ensayo	19
3.3.1.1	Diseño experimental	23
3.3.2	Parámetros medidos a tubérculos de papa en estudio	23
3.3.2.1	Número y fecha de las distintas mediciones realizadas durante la etapa experimental del estudio	23
3.3.2.2	Evaluación del peso en tubérculos de papa con <i>S. scabies</i>	24
3.3.2.3	Evaluación del diámetro ecuatorial y longitudinal de los tubérculos	24
3.3.2.4	Evaluación del número de brotes en tubérculos de papa con “sarna común”	24
3.3.2.5	Evaluación de la turgencia en tubérculos de papa con “sarna común”	24
3.3.2.6	Analizar el grado de avance de la enfermedad	24
3.3.3	Método estadístico	25
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	26
4.1	Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el peso (g) en tubérculos de papa cv. Desirée	26
4.2	Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el diámetro ecuatorial (mm) en tubérculos de papa cv. Desirée según el tiempo de almacenaje y nivel de cobertura	31
4.3	Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el diámetro longitudinal (mm) en tubérculos de papa cv. Desirée según el tiempo de almacenaje y nivel de cobertura	35

Capítulo		Página
4.4	Incidencia de <i>S. scabies</i> en el número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée según el tiempo de almacenaje y nivel de cobertura	39
4.5	Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre la turgencia (kg/cm <sup>2</sup> ) de tubérculos de papa cv. Desirée	44
4.6	Avance de la enfermedad durante el tiempo de almacenaje	47
5	CONCLUSIONES	50
6	RESUMEN	51
	SUMMARY	53
7	BIBLIOGRAFIA	55
8	ANEXOS	62

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Componentes químicos y principales fuentes de minerales y vitaminas presentes en tubérculos de papa	3
2	Superficie (ha), producción (t) y rendimiento (qq/ha) de papa Para cada región de Chile, durante la temporada 1999/00 y 2000/01	5
3	Destino de la producción (% y t) de papa en Chile en 1999, según el tipo de producto	6
4	Tolerancias máximas permitidas en tubérculos (% en peso) de acuerdo a enfermedades que afectan al cultivo en función a las etapas de certificación	8
5	Variedad, producción (kg) y porcentaje de pérdidas provocadas por sarna (común y plateada) y costra negra en tubérculos de papas utilizadas en Chile	10
6	Clasificación de los tubérculos según el nivel de cobertura que presentaron al inicio del estudio	20
7	Distribución de los tubérculos de papa, según nivel de cobertura de “sarna común”	22

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tipo de síntomas en tubérculos de papa causados por <i>S. scabies</i>	13
2	Ciclo de la enfermedad	17
3	Niveles de cobertura de <i>Streptomyces scabies</i> en tubérculos de papa, de acuerdo a la Norma de Certificación del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	21
4	Distribución de los tubérculos, al interior de la cámara climática. De acuerdo al nivel de cobertura (0, 20, 50%)	23
5	Promedio del peso (g) para tubérculos de papa cv. Desirée durante seis fechas de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” ( <i>S. scabies</i> )	28
6	Promedio del peso (g) para tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)	30
7	Promedio del diámetro ecuatorial (mm) para tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” ( <i>S. scabies</i> )	32
8	Promedio del diámetro ecuatorial (mm) para tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)	34
9	Promedio del diámetro longitudinal (mm) para tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionado con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” ( <i>S. scabies</i> )	36
10	Promedio del diámetro longitudinal (mm) para tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)	38

Figura		Página
11	Promedio del número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” ( <i>S. scabies</i> )	40
12	Promedio del número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)	42
13	Brotación en tubérculos de papa con tres niveles de cobertura (0%, testigo; 20%, muestra 3; 50%, muestra 4). Se evidencia que a mayor infección hay un menor número de brotes	43
14	Promedio de presión (kg/cm <sup>2</sup> ) en tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” ( <i>S. scabies</i> )	45
	Promedio de presión (kg/cm <sup>2</sup> ) en tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)	46



**INDICE DE ANEXOS**

Anexo		Página
1	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el peso (g) de tubérculos de papa cv: Desirée, con 0, 20 , 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días)	63
2	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el diámetro ecuatorial (mm) en tubérculos de papa cv: Desirée, con 0, 20 , 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días)	63
3	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el diámetro longitudinal (mm) en tubérculos de papa cv: Desirée, con 0, 20 , 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días)	64
4	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre el número de brotes en tubérculos de papa cv: Desirée, con 0, 20 , 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días)	64
5	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de <i>S. scabies</i> sobre la presión (kg/cm <sup>2</sup> ) de tubérculos de papa cv: Desirée, con 0, 20 , 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días)	65

## 1 INTRODUCCIÓN

Algunos antecedentes indican que con el descubrimiento de América, Europa se enriqueció con un gran número de plantas de interés agrícola. Entre ellas la papa, pasando a ser éste un cultivo de gran importancia. Sin embargo, en Europa en el año 1846 gran parte de la producción se vio afectada por el tizón tardío, ocasionando una hambruna con efectos mortales en la población.

Esta situación estimuló a que varios científicos buscaran el lugar de origen de esta planta. Dentro de ellos se encuentran Vavilov, que en 1925 inició una de las más avanzadas expediciones para encontrar el centro de diversidad genética de las plantas cultivadas. Posteriormente, Juzepzuck y Bukasov continuaron con estos estudios. Fue éste último, quien postuló la teoría que la antigua papa europea proviene de las papas que crecen en Chile. Por otro lado, otros investigadores señalaron que la papa que crecía en Europa proviene de los ancestros peruano - boliviano, lo que de alguna forma creó una gran controversia con respecto a su origen. Estos antecedentes cobran relevancia en la actualidad, en especial cuando se estudian las relaciones hospedero – patógeno.

Hoy en día, a nivel mundial, la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* Hawkes.) es el cuarto cultivo en orden de significancia después del trigo, arroz y maíz. Presentando una superficie total cultivada aproximada de 18 millones de hectáreas, con una producción cercana a los 300 millones de toneladas.

Constituye el cultivo que más se expande en superficie de plantación en los países en desarrollo. Esto es debido a su alto contenido de hidratos de carbono, su valor energético y a los múltiples usos a los que se destina: nutrición humana, alimentación animal y materia prima para diversas industrias.

Por sus condiciones edafoclimáticas, Chile está considerado entre los países que pueden producir papa de excelente calidad. Asimismo, la IX y X° Región se destacan por concentrar, sobre el 50% de la producción nacional. Ésta se orienta, principalmente, a la obtención de semilla certificada, consumo fresco e industrial.

En cuanto al destino de la cosecha nacional, un 60% de ésta se destina como alimento fresco. Existiendo, además, un comercio exterior que ha crecido en forma importante, aún así se presentan una serie de inconvenientes que inciden gravemente en las exportaciones. Esto se debe a factores fitosanitarios y de calidad.

Uno de estos problemas relevantes es *Streptomyces scabies* (Thaxter), agente causal de la “sarna común”, bacteria que se encuentra casi en todos los suelos productores de papa del mundo.

Esta enfermedad sumada a un complejo de otras que afectan también la piel del tubérculo, se encuentra presente en la X° Región y tiende a incidir, más que nada, en la calidad estética del tubérculo a comercializar. Algunos antecedentes indican que las pérdidas en cuanto a la producción pueden ser hasta un 30%, lo que presenta un efecto directo sobre la economía de los agricultores.

En consecuencia, la información disponible correspondiente al daño causado y el efecto económico que provoca esta relación hospedero (papa) patógeno (*S. scabies*) durante el almacenaje, es escasa.

El objetivo principal de la siguiente investigación fue evaluar los daños que se generan en tubérculos con síntomas de *Streptomyces scabies* (Thaxter) durante un período de 75 días de almacenaje.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Determinar la variación del peso en los tubérculos durante el período de estudio.
- Determinar el efecto sobre el tamaño de los tubérculos que presentan distintos grados de cobertura, durante el estudio.
- Determinar la turgencia en tubérculos con distintos grados de cobertura, a través del tiempo.
- Determinar el número de brotes que presentan los distintos grados de cobertura, a través del tiempo.
- Determinar el avance de la enfermedad durante el período de estudio.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Antecedentes generales de la papa

La papa, *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* Hawkes, es una planta originaria de América. Una de las principales características de este cultivo es su importancia en la dieta del hombre. Posee múltiples usos: consumo humano directo, alimento de ganado, industrias alimenticias (fabricación de purés deshidratados y papas fritas), de almidón y destilación (obtención de alcohol) (FUNDACION CHILE, 2001).

Su expansión como cultivo básico para la humanidad, se fundamenta debido al alto contenido de hidratos de carbono y valor energético (Cuadro 1).

**CUADRO 1 Componentes químicos y principales fuentes de minerales y vitaminas presentes en tubérculos de papa.**

Agua	75,77%	Vitamina B1	100 mcg/100 g
Cenizas	1,23%	Vitamina B2	30 mcg/100 g
H. de carbono	19,83%	Calcio	8 mg/100 g
Proteínas	1,56%	Fósforo	56 mg/100 g
Grasas	0,25%	Hierro	0,7 mg/100 g
Celulosa	1,34%	Valor energético	72-80 Kcal/100 g
Vitamina C	10-40 mg/100g		

FUENTE: Extraído Fundación Chile. Con información recopilada del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), 1996. (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

Constituye el cultivo que más se expande en superficie de plantación en los países en desarrollo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) Y CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP), 1994). 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 (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP), 1998).

**2.1.1 Superficie plantada, producción y distribución del cultivo en Chile.** La producción de este tubérculo abarca una amplia zona geográfica del país, distribuyéndose desde La Serena hasta Chiloé, lo que favorece a un período de abundante oferta durante todo el año (LUCARELLI, 1998).

Según la información entregada en el Cuadro 2, se observa que la superficie y producción del cultivo de la papa se concentra, principalmente, en las Regiones IX y X región, con una producción del 50% de la producción nacional (CONTRERAS, 2000).

En este rubro participan alrededor de 90 mil productores, los que corresponden a pequeños agricultores del tipo empresarial en un 56% (reciben apoyo del Instituto Desarrollo Agropecuario), 11% explotaciones de subsistencia, 13% productores medianos y 19% estrato superior (FUNDACIÓN CHILE, 2001). Siendo estos de gran importancia para el país por el valor de producción y el empleo de mano de obra que entregan (SILVA, 1999).

En el Cuadro 2, se presenta la superficie (ha), producción (t) y rendimiento (qqm/ha) de papa para distintas Regiones de Chile. La superficie cultivada en la temporada 2000/01 fue de 63.110 ha. 5,3% más que la temporada anterior. Esto se explica por los precios relativamente altos que alcanzó el producto en el mercado interno en los meses de agosto a noviembre, época de cosecha de la papa temprana, lo que incentivo a productores de guarda del sur del país a aumentar la superficie a plantar (TAPIA, 2001).

El rendimiento que se muestra en el Cuadro 2, denota un aumento entre las dos temporadas. Sin embargo, estos datos no reflejan a la situación fitosanitaria que presentan los tubérculos, ni tampoco, la calidad de papa-semilla, manejo cultivo, condiciones hídricas y la tecnología de producción empleada (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

A este respecto CONTRERAS (2000) analizó el rendimiento de la papa-semilla certificada, donde el rendimiento bruto fue de 25-40 tonelada. Sin embargo, no mas de 10 toneladas se agruparon en esta categoría. Esto se debería por un lado a

enfermedades que afectan la calidad estética del tubérculo (piel) y por otra parte a esto se le agrega tubérculos deformes, con tierra, golpes, deshidratación, pudriciones y brotación.

**CUADRO 2 Superficie (ha), producción (t) y rendimiento (qm/ha) de papa para cada Región de Chile, durante la temporada 1999/00 y 2000/01.**

Región	Temporada 1999/00			Temporada 2000/01		
	Sup. (ha)	Prod. (t)	Rend. (qm/ha)	Sup. (ha)	Prod. (t)	Rend. (qm/ha)
III	s.i	s.i	s.i	260	2.769	106,5
IV	8.684	159.123	183,2	7.020	129.520	184,5
V	2.130	18.642	87,5	1.480	17.279	116,8
RM	5.522	110.423	200	5.120	113.427	221,5
VI	2.488	44.361	178,3	2.760	52.035	188,5
VII	2.282	32.254	141,3	4.880	71.274	146,1
VIII	4.453	42.175	94,7	4.920	63.950	130,0
IX	15.299	190.332	124,4	18.510	342.053	184,8
X	17.713	378.801	213,9	17.110	408.561	238,8
Resto país	1.386	12.110	87,4	1.050	9.177	87,4
Total	59.957	988.220	164,8	63.110	1.210.044	191,7

s.i: sin información.

FUENTE: CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE). Para 2001/02, intenciones de siembra en septiembre (TAPIA, 2002).

**2.1.2 Comercialización.** El destino de la producción nacional de papa es preferentemente consumo interno. Se muestra en el Cuadro 3, que más del 60% se consume en estado fresco y que un 15% corresponde a semilla. Dentro de ésta última se destaca la comercialización de papa corriente con un 14,8%.

El mercado consumidor de papas de Chile es poco exigente en relación a la calidad del producto que compra, debido a que se permite un amplio margen de ventas de

papas cortadas, podridas, deformes, deshidratadas, con tierra y enfermas (SCHNETTLER, 2000), pasando a ser éstas, las pérdidas de los productores que muchas veces no pueden comercializar al exterior.

**CUADRO 3 Destino de la producción (t y %) de papa en Chile en 1999, según el tipo de producto.**

Tipo de producto	Producción	
	(t)	%
1 FRESCO		
1.1 Consumo	602.500	60,6
2 SEMILLA	150.000	15,1
2.1 Corriente propia	147.000	14,8
2.2 Certificada	3.000	0,3
3 CONSUMO ANIMAL	45.000	4,5
Sub total fresco	797.500	80,2
4 AGROINDUSTRIA		
4.1 Chips	28.000	2,8
4.2 Puré	7.500	0,8
4.3 Almidón	5.000	0,5
4.4 Pre fritas	12.500	1,3
Sub total procesado	57.500	5,8
5 PÉRDIDAS	139.000	14,0
Total general	994.000	100

FUENTE: Estimación de Fundación Chile en base a entrevistas realizadas a empresas del rubro (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

Con relación a la actividad exportadora de papa consumo fresco y semilla, TAPIA (2002) señala, que las ventas han crecido en forma importante, entre enero y septiembre del 2001. Para consumo fresco han crecido en más de 90% y la de semilla en un 100%. Esto se debe a la calidad del producto que ha mejorado. A este respecto, existen aún motivos de rechazos: exceso de tierra adherida, presencia de “sarna común” por sobre la tolerancia. Además, existen limitaciones que dificultan el mercado

externo a los pequeños agricultores: escaso capital de operación, falta de infraestructura y altos volúmenes requeridos para concretar negocios.

En cuanto al destino de estas exportaciones, de papa consumo fresco Brasil es el principal mercado con un volumen del 64% y para el caso de papa semilla se comercializa a Brasil, Venezuela y Uruguay (TAPIA, 2001). Para estos mercados, es necesario producir pensando en el usuario, el que requiere una variedad adecuada, tamaño, forma, calidad y presentación. Además, de contar con el volumen adecuado (CONTRERAS, 1999).

**2.1.3 Producción de papa semilla.** EL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) (1994), señala y define que existen dos tipos de papa semilla: certificada y corriente, las cuales deben ser producidas en la zona definida como área libre y por productores inscritos en el SAG.

2.1.3.1 Exigencias fitosanitarias. Chile es el único país dentro de Latinoamérica que cumple con los requisitos para la producción de papa semilla debido a que posee:

- a) regiones fitosanitarias adecuadas a la producción de papa semilla certificada
  - b) ausencia de enfermedades cuarentenarias que afectan al cultivo
  - c) programa y normas de certificación comparables a países con tradición exportadora
  - d) empresas, agricultores y técnicos con conocimiento para obtener un producto de alta calidad
- (CONTRERAS, 2000).

Una de estas regulaciones corresponde a la “Norma Especifica de Certificación de Semillas de Papa”, impuesta por el Servicio Agrícola y Ganadero en la resolución 2043 agosto 1998 (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG), 1994). En ella se presentan una serie de requisitos que se deben cumplir durante el proceso de certificación. Se destacan las tolerancias máximas permitidas para ser consideradas como un producto certificado. Estas son expresadas en porcentaje en peso dependiendo de las enfermedades que afecte al tubérculo (Cuadro 4).



**CUADRO 4 Tolerancias máximas permitidas en tubérculos (% en peso), de acuerdo a enfermedades que afectan al cultivo en función a las etapas de certificación.**

	Prebásica	Básica	C1 y C2 <sup>1</sup>	C3 <sup>1</sup>
Tizón tardío y heladas	0	0	0,1	0,2
Sarna pulverulenta	0	0	0,2	0,5
Sarna común <sup>2</sup>	5,0	10,0	15,0	20,0
<i>Meloydogine</i> spp	0	0	0,2	1,0
Deformaciones	1,0	2,0	3,0	5,0
Pudrición húmeda	0	0	0	0,1
Pudrición seca	0	0	0,1	0,3
Daño grave	0,5	0,5	1,0	1,0
Otras variedades	0	0	0	0,1
Deshidratación excesiva	0,5	1,0	4,0	4,0
Costra negra <sup>2</sup>	5,0	10,0	15,0	15,0
Deshidratación excesiva con pulpa negra	0	0	0,5	0,5
Materia inerte	0,5	0,5	0,5	1,0

<sup>1</sup> : certificada

<sup>2</sup> : Tubérculos con ataque máximo permitido para sarna común no podrán sobre pasar el 20% de la superficie total del tubérculo (Figura 3, muestra 3) y para costra negra no deberá exceder el 10% de la superficie.

FUENTE : Extraído de la Asociación Chilena de la papa. Con información del Servicio Agrícola y Ganadero (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) 1999).

Por otro lado, el Servicio Agrícola y Ganadero, señala que existen en Chile aproximadamente 18 variedades aptas para la certificación que se mantienen registradas.

Las variedades a utilizar en el país se pueden clasificar de acuerdo a:

- destino de la producción
- potencial de rendimiento y adaptación a un ambiente determinado
- respuesta a enfermedades y plagas

(ACCATINO, 1994).

Éstas pueden servir como alternativa para los agricultores, de acuerdo al mercado al que se quiere dirigir y la disponibilidad de tubérculo semilla para plantar en ese momento (HIDALGO Y RINCÓN, 1989). Por ejemplo FUNDACIÓN CHILE (2001), señala, que para el consumo fresco en Chile, se debe reunir una serie de características especiales. La preferida es piel roja – morada, con pulpa amarilla, de calibre medio, y con características culinarias; para el caso de otros mercados como Brasil se requiere variedades de piel amarilla o de pulpa blanca.

Dentro de las variedades para consumo fresco para guarda y primores, las más comercializadas son: Desirée, Cardinal, Yagana, Rosara, Baraka, Kenneb, Bentje y Monalisa (HIDALGO y RINCÓN, 1989 y FUNDACIÓN CHILE, 2002).

## **2.2 Factores que afectan al cultivo de la papa.**

La papa, a través de su ciclo de crecimiento y desarrollo, está expuesta al ataque de una amplia gama de organismos causantes de enfermedades. Además, se deben agregar las limitaciones impuestas por el medio ambiente, que pueden estar asociadas al suelo, agua, temperatura, luz, calidad del aire, nutrición mineral e interferencia de malezas (ROWE, 1993).

La región sur del país no se encuentra exenta de problemas fitosanitarios, si no por el contrario es posible reconocer cuadros fitopatológicos característicos año tras año. Sin embargo, se encuentra libre de enfermedades cuarentenarias lo que permiten mantener a esta zona inmersa en el contexto agroecológico óptimo para el cultivo.

### 2.2.1 Enfermedades que afectan la calidad estética de la papa en la zona sur.

Estas enfermedades son causadas por hongos y bacterias que dañan la piel del tubérculo provocando un rechazo en las exportaciones. Debido a la desmejora en su calidad, que muchas veces esta asociado a una fuerte deshidratación o la presencia de síntomas.

En el Cuadro 5, se entrega información recopilada de la empresa de Semillas SZ de Frutillar. Se muestran dos patologías distintas que afectan la piel de los tubérculos; las cuales fueron detectadas en ocho variedades comerciales de papa, procedentes de la X Región.

**CUADRO 5 Variedad, producción (kg) y porcentajes de pérdidas provocadas por sarnas<sup>1</sup> (común y plateada) y costra negra<sup>2</sup> en tubérculos de papa utilizadas en Chile.**

Variedad	Producción kg	sarnas <sup>1</sup> (%)	costra negra <sup>2</sup> (%)	Total (%)
Amadeus	58.318	9,68	2,66	12,34
Asterix	773.967	20,44	1,37	21,81
Baraika	132.758	4,27	3,87	8,14
Bintie	56.405	8,33	1,96	10,29
Cardinal	2.208.037	13,91	1,79	15,1
Desirée	208.859	12,04	3,38	15,42
Kennebec	290.386	10,3	0,6	10,9
Monalisa	1.275.314	11,92	1,36	13,28
Promedio		11,36	2,12	

1: Sarna incluye *Streptomyces scabies* agente causal de la "sarna común" y *Helminthosporium solani* "sarna plateada".

2: *Rhizoctonia solani* "costra negra".

FUENTE: Extraído de CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) (2000a). Con información de Empresa de Semillas SZ.

Se aprecia que (Cuadro 5) los mayores porcentajes de incidencia de enfermedades que afectan al tubérculo son las sarnas (plateada y común) con un promedio de 11,36%. Es importante destacar que estas cifras no toman en consideración otras patologías provocadas por nematodos y bacterias. (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) 2000a).

Estas pérdidas pueden aumentar en alrededor de un 30% si se suman las que se registran en el almacenaje ya sea por golpes, deshidratación y pudriciones. Esto se debe principalmente a un mal manejo fitosanitario tanto a nivel de campo como durante el almacenaje, lo que puede traer problemas si se quisiera exportar grandes volúmenes de papa (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) 2000a).

### **2.3 La “sarna común” de la papa es causada por *Streptomyces scabies* (Thaxter).**

**2.3.1 Clasificación.** La clasificación taxonómica de esta bacteria filamentosa, es la siguiente:

Reino: Procariota

División: Firmicutes

Clase: Thallobacteria

Familia: *Streptomycetaceae*

Genero: *Streptomyces*

Especies: *S. scabies*

**2.3.2 Agente causal.** Este microorganismo se describió en 1892, como *Oospora scabies* por Thaxter. Posteriormente, este agente se reclasificó como *Actinomyces scabies* (Güssow), y más tarde como *Streptomyces scabies* por Waksman y Henrici. Sin embargo, en el 1989 Lambert y Loria realizaron la descripción definitiva, debido a que la cepa señalada anteriormente por Waksman no se describía con precisión al organismo aislado de los tejidos enfermos (DOERING, 1992).

Es un microorganismo filamentoso, heterótrofo, produce un micelio delgado que puede fragmentarse o subdividirse asexualmente originando esporas (KATZNELSON, 1965 y PARK, 1965). Presenta gran similitud con hongos lo que se debe a su morfología pero difiere de éstos debido, al menor diámetro de su micelio (HOOKER, 1981). Sin embargo, posee una estructura celular procariótica. Es un organismo aeróbico, en medios de cultivo produce filamentos y melanina que es un pigmento café oscuro (CONTRERAS, 2001).

Las especies de *Streptomyces* son parte importante en la biodiversidad que integra la microflora del suelo, en cuyo hábitat permanece presumiblemente como esporas más que micelio (KATZNELSON, 1965 y PARK, 1965).

**2.3.3 Rango de hospederos.** La importancia de la sarna es máxima en papa, pero también puede afectar a betarraga, remolacha azucarera y forrajera, rábano, zanahoria y otros cultivos de raíces subterráneas (HOOKER, 1981).

**2.3.4 Síntomas.** CALDERONI (1978), SMITH (1992); LORIA *et al.*, (1997) y STEVENSON *et al.*, (2000), señalan que las lesiones pueden variar considerablemente de aspecto, pudiendo presentar los distintos síntomas en un mismo tubérculo (HOOKER, 1981).

Por esto se han descrito y denominado distintos tipos (Figura 1):

- (a) sarna normal: las lesiones son redondeadas estrelladas, con bordes agrietados o rotos, o una serie de capas irregulares, pero concéntricas de súber rodeando una depresión central.
- (b) sarna superficial: las lesiones son simplemente manchas suberosas superficiales que recubren gran parte de la superficie del tubérculos.
- (c) sarna profunda: las lesiones pueden permanecer aisladas, pero si el ataque es grave las grietas y surcos se desarrollan hasta 1 cm de profundidad, de color café oscuro, bajo el tejido de la lesión de color café claro y traslucido.



**FIGURA 1** Tipo de síntomas en tubérculos de papa causados por *S. scabies*.

FUENTE: Extraído de LORIA *et al.*, (1997).

En cuanto al tipo y severidad de la lesión éstos dependen del:

- a) Cultivar a utilizar, ya que varía el nivel de resistencia. Hoy en día, no existen cultivares inmunes a la infección, pero hay algunos con niveles altos de resistencia Sin embargo, bajo condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad presentan la sintomatología (GOTH *et al.*, 1995; ACUÑA *et al.*, 2002).

En estos casos, la penetración estimula a los tejidos del tubérculo a formar una barrera a unas pocas células por debajo de la superficie, y si esta impide que la invasión avance se forma una sarna superficial. Si por el contrario, la barrera se vence, se forma una segunda y a menudo una tercera antes que la penetración se pare provocando cada vez una lesión más profunda (SMITH, 1992).

- b) De igual manera, King *et al.*, (1991) y Loria *et al.*, (1997), demostraron que la fitotoxina llamada thaxtomina producida por *S. scabies*, también es determinante en el grado de patogenicidad del agente. Dentro de este género existen distintas cepas que difieren en la cantidad de thaxtomina producida. Por ejemplo, en cepas con baja cantidad los síntomas son superficiales, por el contrario con un mayor nivel de ésta fitotoxina la lesión es mas profunda (LORIA *et al.*, 1995 y LEINER *et al.*, 1996).
- c) Además, se sabe que la principal fuente de inóculo es el suelo, por lo cual si se dan las condiciones edafoclimáticas necesarias la enfermedad tiende a aumentar (LORIA *et al.*, 1997).

**2.3.5 Signos microscópicos.** La forma vegetativa consiste en un micelio ramificado y delgado (de casi 1micra de espesor) que presenta pocas o ninguna septa. Las esporas son de forma cilíndrica o elipsoidal, de casi 6.6 x 1.5 micras y se forman sobre hifas espirales especializadas que forman septas desde su extremo hasta su base conforme se fragmentan dichas estructuras dando origen a las esporas (AGRIOS, 1996).

**2.3.6 Epifitiología.** La bacteria crece a una temperatura óptima de 25 a 30° C con una mínima de 5° C y máxima de 40° C; y prefiere medios con bajo contenido de sacarosa y suelos con pH neutro o levemente alcalinos (APABLAZA, 2000).

**2.3.7 Ciclo de la enfermedad** (Figura 2). a) *S. scabies* invade los tejidos de los tubérculos a nivel de campo. Siendo el suelo la principal fuente de inóculo (PAVLISTA, 1996). Este puede ser infectado a través de papa semilla contaminadas, tierra adherida a implementos y por el transporte de este por el viento y agua. Sobrevive durante un tiempo indefinido en el suelo en su forma miceloide vegetativa o como esporas (AGRIOS, 1996).

b) La invasión del agente ocurre durante la formación del tubérculo, penetrando a través de heridas y lenticelas inmaduras, que se forman a partir de estomas cerca del ápice de crecimiento del tubérculo. Las lenticelas se hacen susceptibles sólo tras la

ruptura de las células estomáticas y permanece así durante una semana más o menos. El desarrollo de la enfermedad continúa durante 6 a 8 semanas período en el cual el tubérculo se encuentra en crecimiento (HOOKER, 1981; AGRIOS, 1996; LORIA, 1997).

c) El micelio parece ser principalmente intercelular y penetra a las células a través de la laminilla media, solo en las regiones de la periferia de las lesiones puede encontrarse micelio intracelular, pudiendo esporular en abundancia dentro de las células (SMITH, 1992). Estas capas de células mueren y el patógeno vive a costa de ellas (LORIA, 1997). d) Al tomar contacto el patógeno secreta una fitotoxina la que estimula a las células vivas que se ubican en torno a la lesión a que se dividan con rapidez y produzcan varias capas de corcho.

e) Estas capas presionadas hacia afuera desprendiéndose y propagando hacia otras células (SMITH, 1992).

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) (2000b) y LORIA (s/f), señalan que la enfermedad no se disemina en almacenaje. Ni tampoco se ha observado que tienda a progresar o aumentar su severidad. Esto podría deberse a que tubérculos maduros con una piel bien desarrollada no son susceptibles a un alto grado de infección (ROWE, 1996). Como consecuencia de la suberización del peridermo (ADAMS, 1975).

**2.3.8 Importancia económica.** De acuerdo a APABLAZA (2000), esta enfermedad presenta una relevancia secundaria a moderada en Chile. A pesar de esto su incidencia en la X Región podría señalar lo contrario. Ya que corresponde a la tercera enfermedad en nivel de importancia después de la “sarna plateada”, “sarna negra” o “costra negra” (MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (S.A.G) 2000a).

Su principal efecto es sobre la calidad estética del tubérculo, ya que tiende a afectar la superficie de este (ROWE, 1996; LORIA, 1995; MELEGARI, 1997). Su mayor importancia hoy en día es el tratar de comercializar este producto tanto para consumo



fresco como para papa semilla, debido al alto rechazo durante las exportaciones, ya que tienden a sobrepasar la tolerancia exigida (TAPIA, 2001).

Respecto a esto, MELAGARI (1997) señala que los tubérculos afectados por sarna profunda, no pueden ser utilizados para el procesado, obligando el rechazo de la partida o el aumento de la mano de obra para que elimine porciones afectadas. En cambio, la sarna superficial tiende a disminuir la calidad (SMITH, 1992).

SMITH (1992), por otro lado señaló, que en tubérculos infectados con “sarna común” y almacenados durante un largo tiempo existe riesgo de pérdida de agua, que podía ser más grave durante estaciones secas, provocando así una mayor pérdida en la producción total.

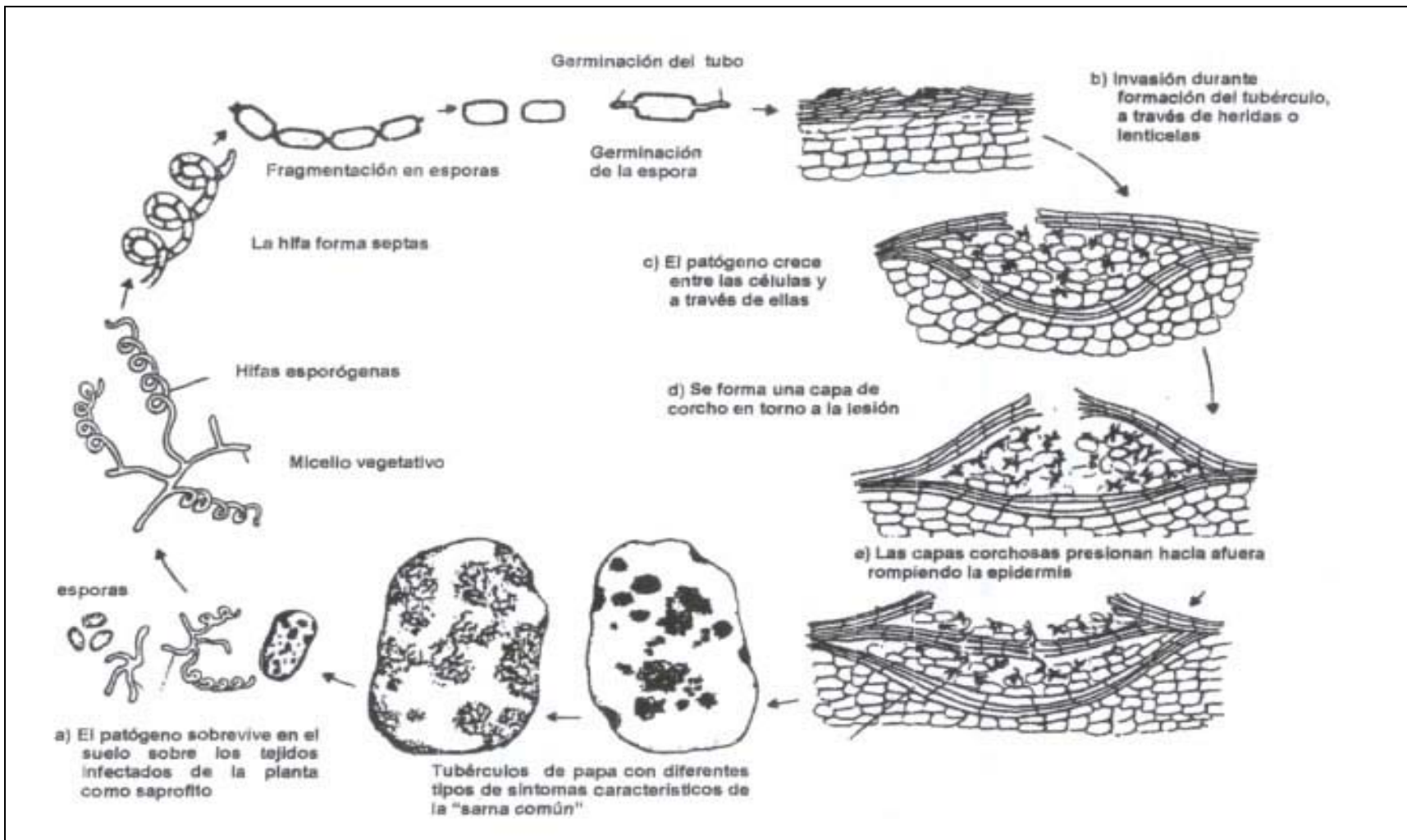


FIGURA 2 Ciclo *Streptomyces scabies*  
 FUENTE: AGRIOS (1996)

### 3 MATERIAL Y METODO

El estudio consistió en evaluar los efectos patológicos y fisiológicos provocados por *Streptomyces scabies*, agente causal de “sarna común”. Para cumplir con los objetivos planteados y llevar a cabo este estudio, se utilizaron muestras de tubérculos de papas c.v. Desirée, que se encontraban bajo condiciones de almacenamiento.

A continuación se describen los aspectos relacionados con la ubicación del ensayo, los materiales y los métodos utilizados.

#### **3.1 Origen de la muestra de tubérculos de papa consumo y ubicación del ensayo.**

La recolección de las muestras utilizadas en esta investigación se realizó al interior de una bodega ubicada en la localidad de Frutillar, X Región de los Lagos.

El ensayo se estableció el 03 de julio de 2001 en el Laboratorio de Bacteriología del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, en donde se realizaron las determinaciones correspondientes.

#### **3.2 Materiales.**

Los materiales utilizados para llevar a cabo esta investigación, se agruparon en dos categorías, biológico y de laboratorio. Para mayor claridad se desglosan a continuación.

**3.2.1 Material biológico.** Corresponde a la selección de tubérculos de papa consumo cv. Desirée. Éstos fueron cosechados en abril del año 2001 y posteriormente, se almacenaron al interior de la bodega, donde se mantenían bajo techo sin limitaciones.

El transporte de las muestras, desde el galpón de almacenamiento al Laboratorio de Bacteriología, se realizó por medio de sacos de arpillera de 80 kg.

**3.2.2 Materiales de laboratorio.** Para realizar las evaluaciones de laboratorio, se utilizó una cámara de condiciones ambientales controlada, perteneciente al laboratorio de Bacteriología Vegetal del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Universidad Austral de Chile, a quien corresponde el material que se menciona en la investigación.

- Para limpiar los tubérculos ingresados al laboratorio para el ensayo, se empleó una brocha de peine suave.
- Para medir la turgencia del tubérculo de papa se utilizó un penetrómetro, modelo FT 327 (3- 27 lb).
- Para determinar la pérdida de agua de estos se contó con una balanza digital Mettler PE 3600 (0- 3500) g.
- Se contó con un pie de metro calibrador Digitamatic, marca Mitutoyo modelo CD – 8” C, para la medición del diámetro ecuatorial y longitudinal de los tubérculos.
- Jabas de madera, divididas en 6 secciones de 15x15 cm cada una, donde se dispusieron los tubérculos de papa.
- Para regular la temperatura de almacenaje se utilizó un termómetro de máxima y mínima.
- Se utilizó un higrómetro, para determinar la humedad del interior de la cámara de condiciones ambiental controladas.
- Para mantener la humedad necesaria se utilizaron bandejas plásticas, donde en su interior se añadió agua.
- Lápiz plumón, para identificar los tubérculos de papa según el grado de ataque de la enfermedad.

### **3.3 Método**

A continuación se describirá la metodología aplicada en las distintas fases de esta investigación.

**3.3.1 Descripción del ensayo.** Las muestras de tubérculos, fueron seleccionadas en junio del 2001. Se eligieron al azar los tubérculos de papas que presentaran una clara incidencia de “sarna común”. Es importante resaltar, que se mantuvo especial cuidado en evitar elegir aquellos tubérculos que presentaron daños mecánicos o la

presencia de alguna otra enfermedad ajena a la del estudio. Además, para testificar esta investigación, se seleccionaron tubérculos sanos los que se encontraban en el mismo galpón bajo las mismas condiciones de almacenamiento.

Se inició el proceso, con la limpieza de los materiales en forma individual una vez ingresados al laboratorio, para esto, se utilizó una brocha de cerdas suaves con el objetivo de eliminar la tierra y el polvo adherido al tubérculo.

Posteriormente, se realizó la segmentación, donde cada muestra se agrupó de acuerdo al grado de cobertura que presentaba cada uno de los tubérculos. Para ello se sometieron a un examen visual donde se separaron según las Normas Específicas de Certificación de Papa Semilla del Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) 1999). En la Figura 3, se observan cuatro grados de cobertura de “sarna común” en tubérculos de papa, de acuerdo a la certificación de papa semilla. En este estudio, sólo se utilizaron dos de estos niveles.

En el Cuadro 6, se clasifican los niveles de cobertura de “sarna común” porcentuales utilizados en esta tesis.

**CUADRO 6 Clasificación de los tubérculos según el nivel de cobertura que presentaron al inicio del estudio.**

Tipo de muestra	Nivel de cobertura “sarna común” (%)
Tuberculos sanos	0
* Muestra 3	20
* Muestra 4	50

\* Ver Figura 3



**FIGURA 3** Niveles de cobertura de *Streptomyces scabies* en tubérculos de papa, de acuerdo a la Norma de Certificación del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

FUENTE: Extraído de CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG) 1999.

Los tubérculos fueron reunidos en grupos de acuerdo al grado de incidencia de “sarna común” sobre su superficie. Éstos se constituyeron en tres conjuntos de 60 tubérculos cada uno, correspondientes: 0% (testigo), 20% y 50% de “sarna común”. Cada grupo se desglosó en tres subconjuntos de 20 muestras, lo que se puede apreciar en el Cuadro 7.

**Cuadro 7 Distribución de los tubérculos de papa, según el nivel de cobertura de “sarna común”.**

Nivel de cobertura (%)	Número de tubérculos	Repeticiones
Testigo (0%)	20	R <sub>1</sub>
	20	R <sub>2</sub>
	20	R <sub>3</sub>
20	20	R <sub>1</sub>
	20	R <sub>2</sub>
	20	R <sub>3</sub>
50	20	R <sub>1</sub>
	20	R <sub>2</sub>
	20	R <sub>3</sub>

Posteriormente, los distintos tratamientos se depositaron al azar en tres jabas de madera divididas en seis secciones, previamente lavadas (solución de Hipoclorito de sodio al 20%) y secadas.

Finalmente, se tomaron las tres estructuras, las que fueron depositadas al interior de una cámara climática, donde se trató de mantener las condiciones ambientales similares a una bodega de almacenamiento de papas. Al interior de ésta, los tubérculos se mantuvieron bajo las condiciones de oscuridad y a una temperatura de 7° C, con una humedad relativa del 80% - 90%, regulada a través de la evaporación del agua contenida dentro de dos bandejas plásticas que se distribuyeron al interior de la cámara. Para mantener las condiciones de temperatura y humedad, se utilizaron un termómetro de máximas y mínimas y un higrómetro. Para conservar el ambiente necesario al interior de la cámara de almacenaje, se contó con un ventilador controlado automáticamente. (Figura 4).



**FIGURA 4** Distribución de los tubérculos, al interior de la cámara climática. De acuerdo al nivel de cobertura (0, 20 y 50%).

3.3.1.1 Diseño experimental. El diseño experimental de bloques completos al azar de 3 x 6 (variables independientes), consistió en 18 tratamientos donde se contemplaron tres repeticiones para cada grado de cobertura durante seis épocas de muestreo.

**3.3.2 Parámetros medidos a tubérculos de papa en estudio.** Estos fueron evaluados durante el desarrollo práctico del estudio: Determinar peso, diámetro ecuatorial y longitudinal del tubérculo, turgencia, número de brotes y avance de la enfermedad.

3.3.2.1 Número y fecha de las distintas mediciones realizadas durante la etapa experimental del estudio. Se ejecutaron seis mediciones contempladas entre julio 03 y septiembre 16 de 2001, las que se realizaron cada quince días en las siguientes fechas: julio 03 y 18; agosto 02 y 17; y septiembre 01 y 16.

Es preciso indicar, antes de comenzar a detallar la metodología del estudio, que el proceso se inició con un total de 180 tubérculos. De esta forma, cada repetición inició el estudio con 20 tubérculos de 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. Por consiguiente, se debió trabajar con promedios para cada uno de los grados de cobertura en estudio.

Los parámetros evaluados se detallan en los siguientes puntos

3.3.2.2 Evaluación del peso en tubérculos con *S. scabies*. La medición del peso de cada tubérculo se desarrolló a través de la pérdida de agua que presentaron éstos durante el estudio. En cada medición se tomaron las tres repeticiones de los distintos niveles de “sarna común”. Posteriormente, éstos se dispusieron sobre una balanza digital, donde el resultado arrojado fue dividido por el número total de tubérculos en cada medición, obteniendo así el promedio que reflejaba cada grupo.

3.3.2.3 Evaluación diámetro ecuatorial y longitudinal de los tubérculos. Se utilizó un pie de metro donde se midieron los tubérculos de cada una de las repeticiones, determinando el promedio de la variación del largo y ancho de ellos.

3.3.2.4 Evaluación del número de brotes en tubérculos de papa con “sarna común”. En cada medición se contabilizó el número de brotes de cada uno de los tubérculos en estudio. Finalmente, se obtuvo un promedio de las tres repeticiones de cada nivel de cobertura y se comparó con el testigo.

3.3.2.5 Evaluación de la turgencia en tubérculos de papa con “sarna común”. Para determinar este parámetro se tomaron dos muestras, al azar, de cada una de las repeticiones. Luego, con un penetrómetro - previamente lavado - se realizaron cuatro mediciones por cada uno de la serie. Posteriormente, se obtuvo un promedio de la presión que se comparó entre los distintos grados de cobertura de “sarna común” y el testigo.

3.3.2.6 Analizar el grado de avance de la enfermedad. Se realizó en forma visual, tanto a los tubérculos enfermos como a los sanos, de acuerdo a las Normas Específicas de Certificación de Semilla de Papa (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG), 1999) (Figura 3).

**3.3.3 Método estadístico.** Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA). La variable dependiente correspondió al promedio de cada repetición respecto al parámetro analizado. Los factores a considerar fueron: tiempo de almacenaje y nivel de cobertura de “sarna común”. Estos estudios estadísticos (homogeneidad y análisis de varianza) se realizaron mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0. En el caso de encontrar valores significativos o altamente significativos se trabajó con la prueba de rango múltiple Tukey al 5 y 1%, respectivamente.

## 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se entregan los antecedentes relacionados con la información obtenida de los experimentos presentados en la sección 3 (Material y Método). Estos datos se presentan como un promedio de la incidencia de *S. scabies* relacionados con cada uno de los parámetros en estudio durante el tiempo de guarda.

Es necesario mencionar, que los tubérculos que se utilizaron durante el estudio, mostraron una evidente brotación. Esto se debe principalmente, al hecho que éstos, antes de ser seleccionados llevaban aproximadamente tres meses en guarda lo que provoca que los tubérculos durante este tiempo hayan roto el período de reposo, estimulando así la brotación de éstos.

Se ha señalado anteriormente, que esta enfermedad se encuentra distribuida en todo el mundo (SMITH, 1992). En consecuencia, numerosos y variados estudios se han realizado sobre la descripción del patógeno, epidemiología y control de éste. Sin embargo, estudios sobre el efecto que se presenta en los tubérculos cuando son almacenados con “sarna común”, son escasos, tanto en Chile como en el exterior.

### 4.1 Incidencia de *S. scabies* sobre el peso (g) de tubérculos de papa cv. Desirée.

Se determinó que la disminución del peso en los tubérculos está en función a la pérdida de agua mientras se mantenían en almacenaje. En la Figura 5, se presentan los valores promedios obtenidos durante el transcurso del estudio determinado en días.

De los resultados arrojados y presentados en la Figura 5, se puede observar que a partir de los 15 días de realizado el muestreo en adelante, se evidencian importantes diferencias entre los distintos niveles de cobertura (20 y 50%) con respecto al testigo. Éstos podría indicar que basta que los tubérculos de papa presenten un 20% de “sarna común” sobre su superficie para que se presenten desigualdades durante el almacenaje.

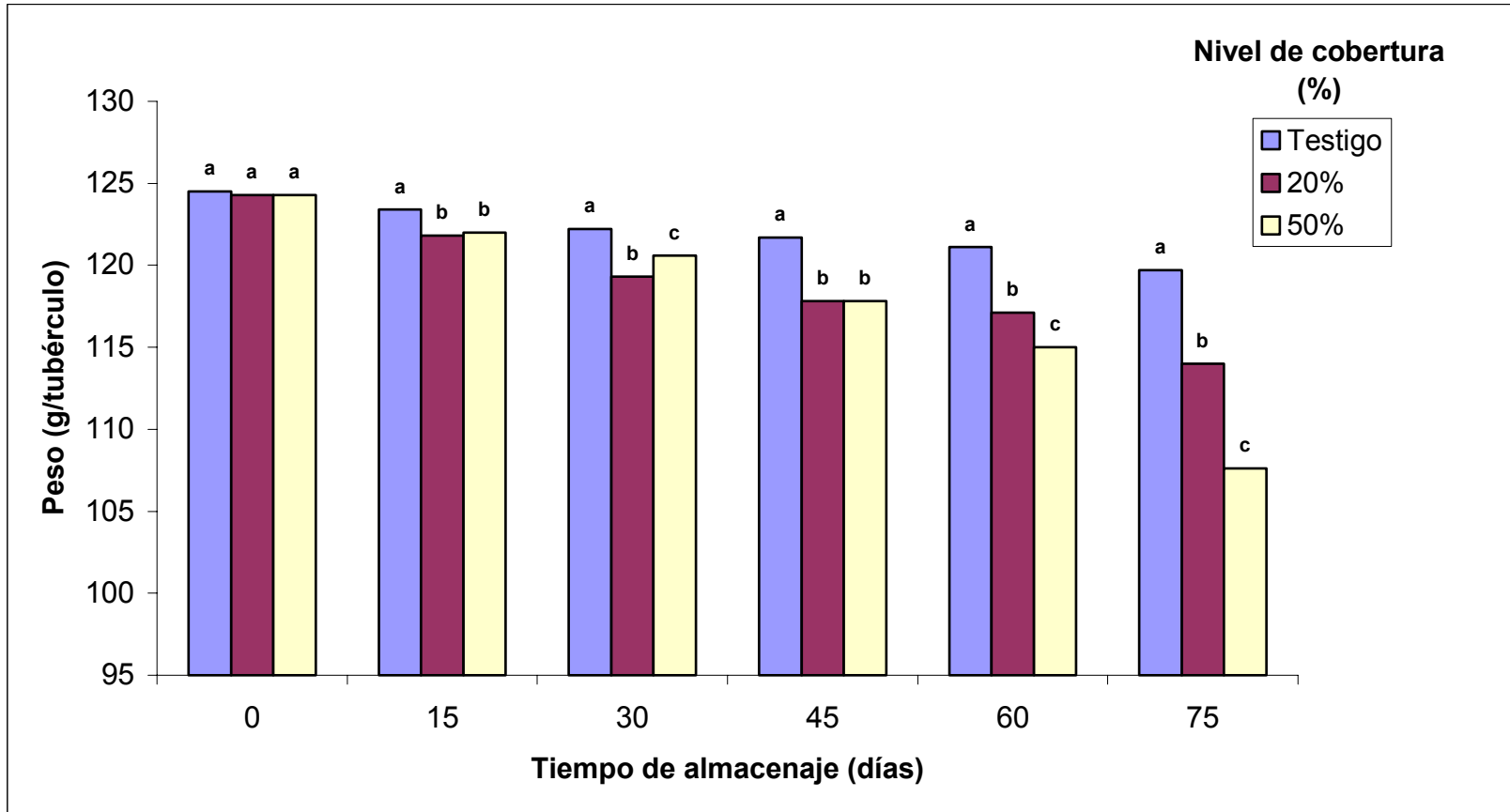
Al respecto, se podría señalar que a un mayor grado incidencia de “sarna” al inicio del almacenaje, se produce un aumento en la deshidratación de los tubérculos, lo que conlleva a un incremento en las pérdidas de peso en el tiempo, presentado un efecto directo en la disminución de la calidad estética de ellos.

Según estos resultados, se puede inferir que el factor tiempo influye en el promedio de los pesos para cada nivel de infestación. Esto fue demostrado a través del análisis estadístico donde se presentó un valor P altamente significativo (Anexo 1).

Estudios realizados por SMITH (1992) demostraron que tubérculos con síntomas de “sarna común” almacenados por períodos largos pierden peso. En esta investigación los resultados obtenidos demuestran este mismo proceso. Sin embargo, SCHNETTLER (2000) realizando un analisis en este mismo contexto afirma que estos órganos almacenados con sarna no sufren perdidas de peso.

Por consiguiente, ha quedado demostrado en este trabajo que tubérculos de papa, ya sea con un 20 ó 50% de sarna sobre la superficie presentan un efecto importante en la disminución del peso expresado en gramos/ tubérculo.

Por otro lado, HOOKER (1981) y SNOWDON (1991) mencionan que la enfermedad no progresa durante el almacenaje dejando constancia en que su incidencia es mínima sobre el tubérculo en guarda, lo que refleja que la infección y el desarrollo de la enfermedad ocurren a nivel de campo cuando los tubérculos se están formando y aumentan su tamaño y no cuando están en bodega. Sin embargo, esta investigación se contrapone, en parte, a lo mencionado anteriormente, ya que nos muestra que si hay pérdidas de peso durante el almacenaje, aunque no exista un aumento en el desarrollo de la enfermedad (Punto 4.6 de la Presentación y discusión de resultados). En consecuencia, se hace evidente para aplicaciones prácticas, que guardar tubérculos con un 20% de sarna sobre la superficie, producen una mayor deshidratación de éstos. Por lo tanto, se recomienda que el almacenaje debería realizarse durante un periodo corto obligando al productor a conducir una guarda más selectiva, sacando de sus bodegas los primeros tubérculos que tengan este tipo de problema.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 5** Promedio del peso (g) para tubérculos de papa cv. Desirée durante seis fechas de almacenaje (días) Relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*).

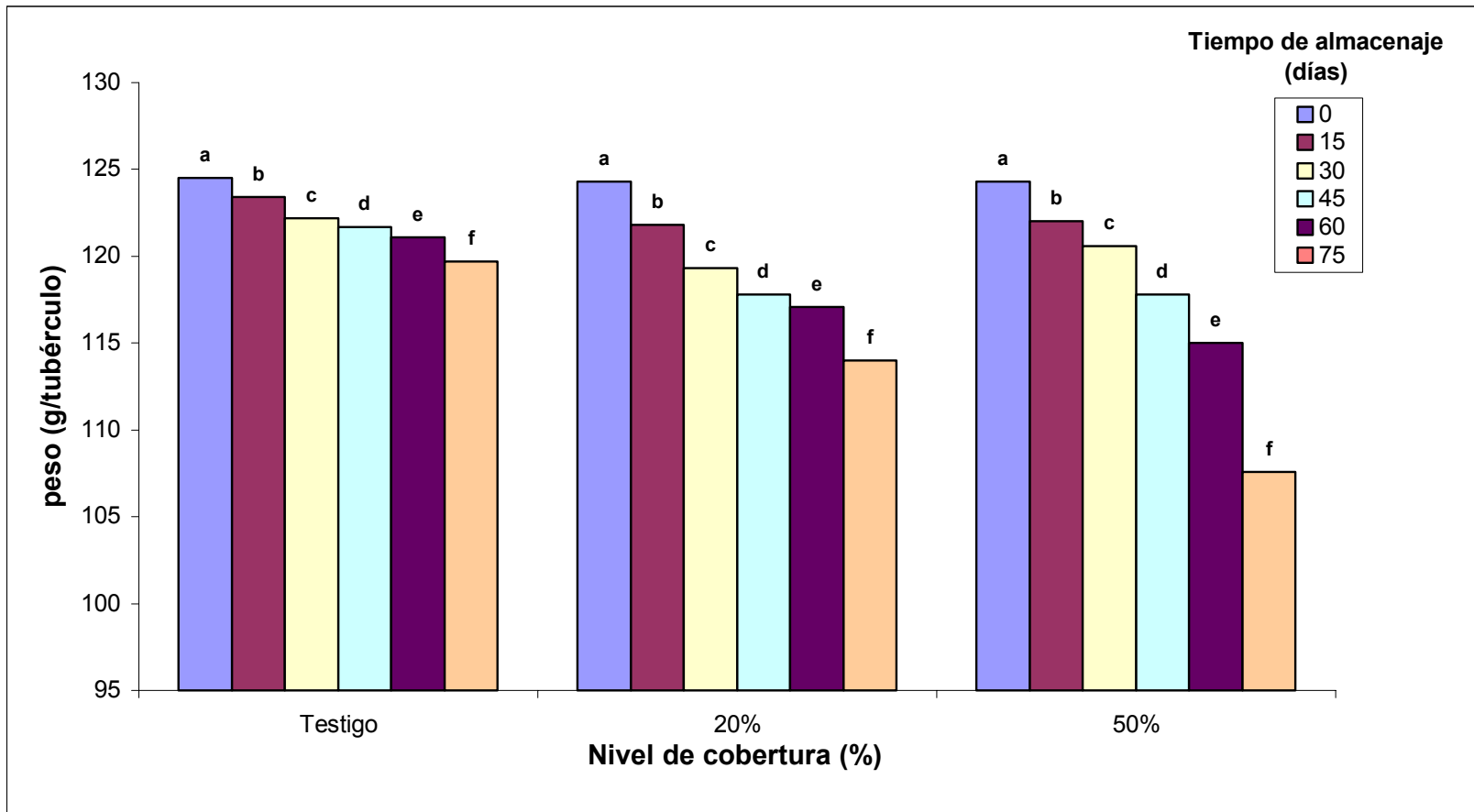
En la Figura 6 se aprecian los valores promedios de peso (g/ tubérculo) para cada grado de cobertura durante los 75 días que duro el estudio. Además, se muestra la prueba de Tukey al 1% de significancia.

Durante el desarrollo de este experimento se determinó que para los distintos grados de cobertura que presentaron los tubérculos al inicio (0, 20 y 50%), se presentan diferencias estadísticamente son significativas. Estas desigualdades ocurren en la primera quincena del estudio. Sin embargo, queda en evidencia que aquellos tubérculos que iniciaron el estudio con un 50% de incidencia de “sarna común” manifiestan las mayores deshidrataciones al final de éste.

La Figura 6 muestra las cifras promedio a los 75 días donde se observa claramente que en los tubérculos almacenados sanos, la deshidratación es menor (5 g) que en aquellos con un 20 y 50% de área afectada por el patógeno (10 y 17g respectivamente). Estas diferencias registradas son altamente significativas de acuerdo al análisis estadístico (Anexo 1).

Sin embargo, estos antecedentes se deberían considerar con precaución, puesto que la deshidratación observada y evaluada estadísticamente podría atribuirse a la rápida brotación. Este proceso natural de los tubérculos conlleva un incremento en la respiración existiendo una correlación directa entre la disminución del peso y el rango de ésta (CONTRERAS, 1991). Además, CONTRERAS (1991) señala que la temperatura y humedad relativa al interior de la bodega de almacenaje juegan un rol determinante en el desarrollo de la emergencia de los brotes.

Por ello, se recomienda para futuros estudios evaluar este parámetro, inhibiendo la brotación, así se obtendrían resultados más precisos en relación a la pérdida de peso que podrían sufrir los tubérculos sin interferencia de otra naturaleza.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 6** Promedio del peso (g) en tubérculos de papa cv. Desirée, para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*) relacionados con seis tiempos de almacenaje (días).

#### **4.2 Incidencia de *S. scabies* sobre el diámetro ecuatorial (mm) en tubérculo de papa cv. Desirée según el tiempo de almacenaje y nivel de cobertura.**

En el transcurso del estudio desarrollado bajo condiciones de almacenamiento, se evaluó la incidencia de *S. scabies* y su posible efecto sobre el diámetro ecuatorial. Para evaluar la variación del tamaño de éstos, a medida que aumentaba el grado de infestación y el tiempo de almacenaje, se utilizaron dos parámetros: diámetro ecuatorial y diámetro longitudinal. Esta metodología fue utilizada por LIRA (1987), como índice para determinar el momento óptimo de cosecha, es decir, se midió por medio de ambas variables el desarrollo que sufrió el fruto de carozo hasta llegar a la madurez.

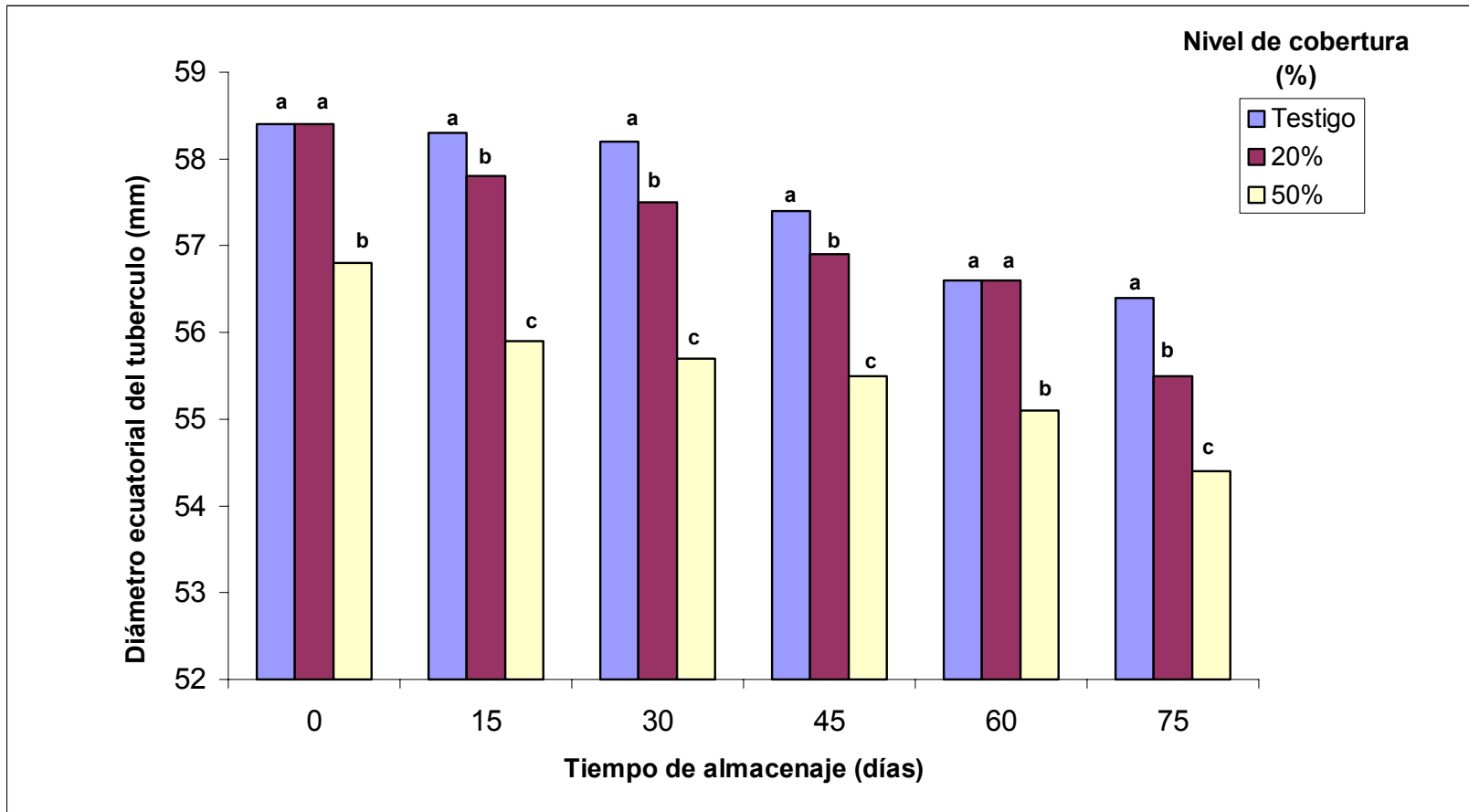
En la Figura 7 se presentan los datos promedios de diámetro ecuatorial de los tubérculos relacionados con cada fecha de muestreo.

De estos resultados se puede inferir que a partir del inicio del almacenaje, los niveles de cobertura 20 y 50% presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto del testigo. Y que estas se mantuvieron a medida que transcurría el estudio. Estas desigualdades se deben a una desuniformidad en cuanto al tamaño del tubérculo, las que se observaron una vez analizados los resultados. Por lo cual, es recomendable para futuros estudios buscar un método en el cual se seleccionen tubérculos de tamaño similar.

Estas diferencias pueden ser reafirmadas a través del análisis de varianza que demostró que el factor tiempo presenta un P altamente significativo (Anexo 2). Esto denota que a medida que transcurre el tiempo, existe un efecto importante sobre la disminución del diámetro ecuatorial de los tubérculos en estudio.

Aunque no se encontró información, sobre estudios realizados respecto a este parámetro, es posible pensar que la disminución del promedio del peso, se deba a lo señalado por CIAMPI (2002). Este autor menciona a *Helminthosporium solani* como el hongo que produce la enfermedad denominada “sarna plateada”. Este agente afecta severamente la deshidratación del tubérculo permitiendo la salida de agua en forma acelerada desde los tejidos invadidos. Esto se debe a que hay alteraciones en





Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 7** Promedio del diámetro ecuatorial (mm) en tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionadas con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*).

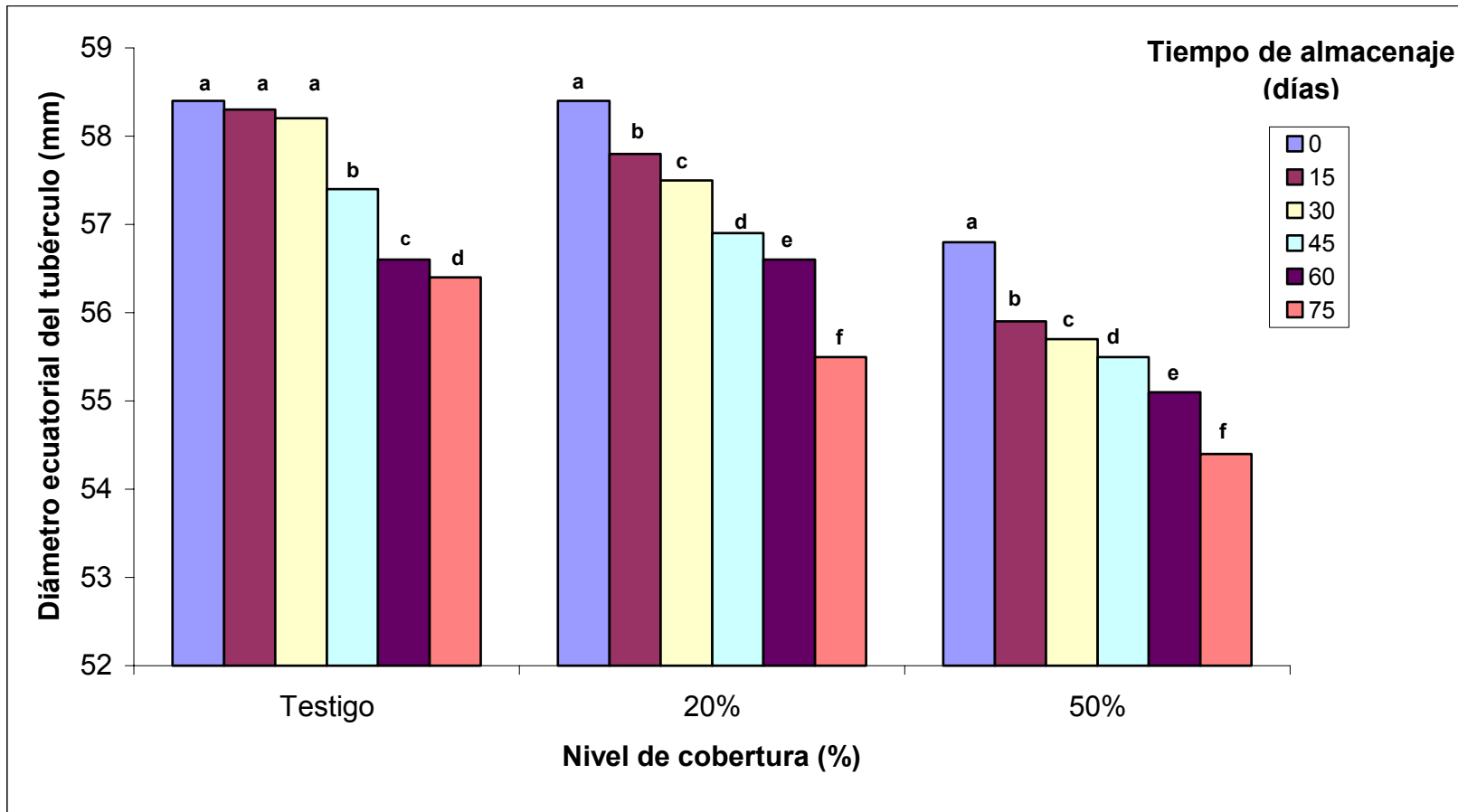
las membranas y posiblemente la humedad fluya a través de éstas. Esto podría en alguna forma respaldar los resultados obtenidos en esta investigación. En ellos se observa que tubérculos que presentan cierta incidencia del patógeno, al ser almacenados durante un largo tiempo sufren una pérdida en el contenido de agua, lo que genera de alguna forma, que el tamaño del tubérculo se vea afectado.

Los resultados que expuestos en la Figura 8, indican que existen diferencias estadísticamente significativas para los diferentes niveles de “sarna común” durante el tiempo de almacenaje. Para el testigo, la diferencia se presenta a partir de los 45 días de evaluación y arrojó un valor promedio de 58,4 mm al inicio del ensayo y de 55,5 mm al término.

Los promedios para aquellos tubérculos con cierta incidencia de “sarna común” (20 y 50%) mostraron una disminución desde los 15 días de guarda (Figura 7 y 8). Sin embargo, queda en evidencia que basta que los tubérculos presenten un 20% de sarna sobre la superficie, para que exista una mayor variación en la disminución del diámetro ecuatorial entre el inicio y final del estudio con respecto al testigo. Por lo cual, se puede concluir que para mantener la calidad de éstos, no debieran permanecer en bodega por tiempos prolongados.

Lo señalado anteriormente podría ser causal de una temprana deshidratación que, eventualmente, estaría asociada a la incidencia de la enfermedad y la emergencia de los brotes. Esto último, trae como consecuencia una intensa evaporación desde la superficie de ellos, reduciendo el peso de los tubérculos, lo que deriva a una disminución del tamaño original (ANONIMO,2002).

En el Anexo 2, se presenta el análisis de varianza (ANDEVA). En él se observan que los factores de nivel de cobertura y tiempo de almacenaje, ejercen una importante influencia en la variación del diámetro ecuatorial. Sin embargo, en la interacción de ambos no se manifestaron diferencias estadísticas.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 8** Promedio del diámetro ecuatorial (mm) en tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*) relacionados con seis tiempo de almacenaje (días).

De acuerdo a los resultados expuestos en las Figuras 7 y 8 correspondientes a la evolución del diámetro ecuatorial de los tubérculos según el nivel de cobertura y tiempo de almacenaje, no se pudo encontrar información que apoye este estudio. Sin embargo, es importante señalar que este parámetro reviste cierta notoriedad para tubérculos que puedan ser utilizados como semilla o papa de consumo, ya que la variación en el tamaño implica un efecto directo en la calidad y vigor del producto al momento de su comercialización.

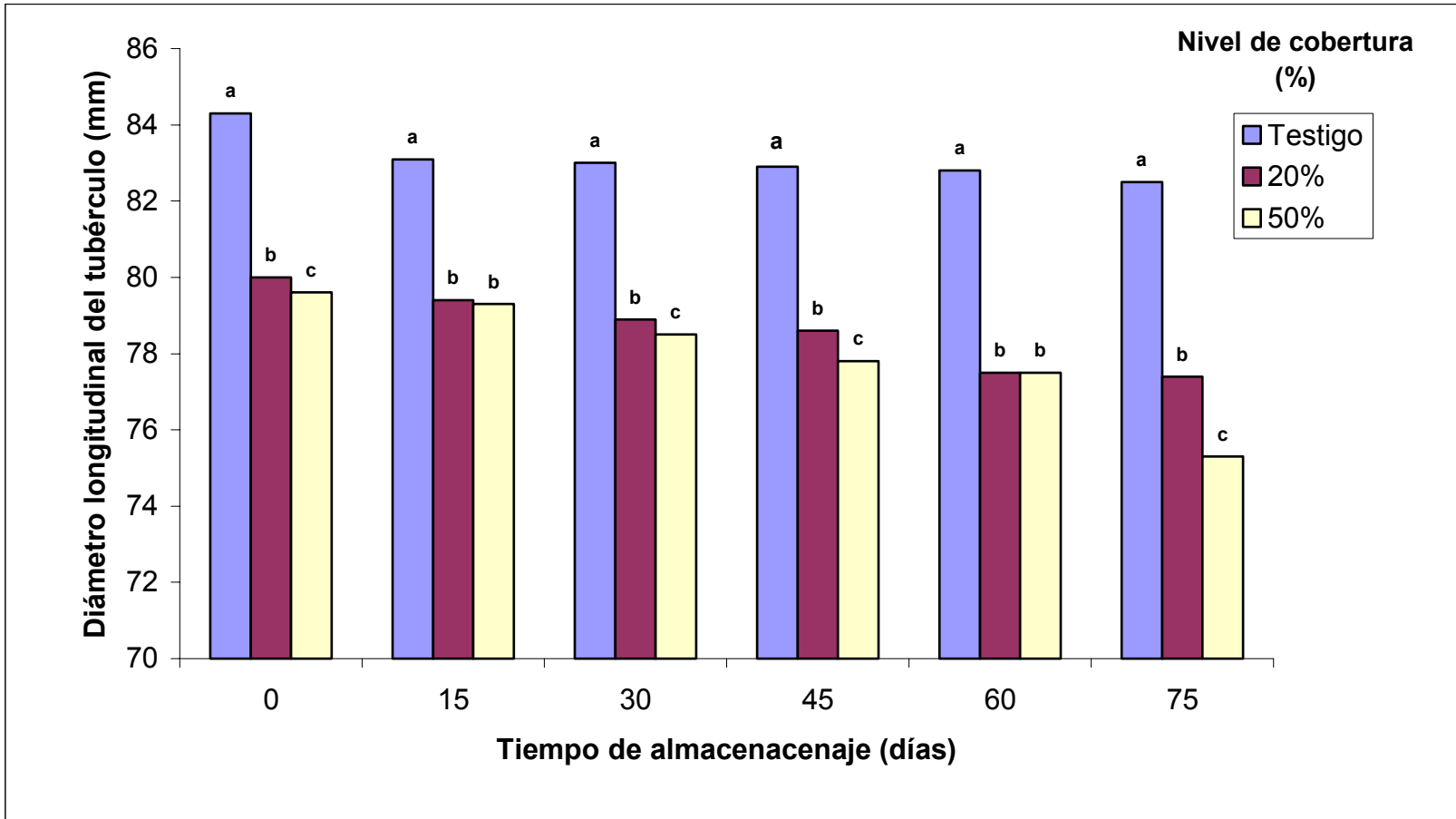
#### **4.3 Incidencia de *S. scabies* sobre el diámetro longitudinal (mm) en tubérculo de papa cv. Desirée según el tiempo de almacenaje y nivel de cobertura.**

En la Figura 9 se presentan los valores promedios del diámetro longitudinal (mm) en tubérculos de papa durante su almacenaje. También se visualiza la prueba de rangos múltiples Tukey al 5% de significancia.

De estos resultados se observa que, para cada uno de los niveles de cobertura estudiados (20 y 50%), las diferencias se presentan desde el primer día de muestreo, con respecto al testigo. Esto señala que el factor tiempo ejerce una influencia significativa en la incidencia de *S. scabies* sobre el largo de los tubérculos.

Las diferencias presentadas al inicio pueden deberse a una desuniformidad en cuanto al tamaño del tubérculo al momento de ser seleccionado. Lo que podría estar asociado al cv. Desirée utilizado en la investigación, el que se destaca por la variación en cuanto al calibre de los tubérculos por planta al momento de la cosecha (KALAZICH, 1999). Además, a esto se suma la incidencia de la enfermedad tanto a nivel de campo (HOOKER, 1981 y LORIA *et al.*, 1997) como durante el almacenaje.

No se encontró información que relacione el nivel de cobertura con respecto al diámetro longitudinal del tubérculo. Por cual, estos datos son la primera evidencia en nuestro medio, sobre el efecto dañino de *S. scabies* durante la guarda de los tubérculos, expresados a través del análisis en el tiempo de este parámetro (diámetro longitudinal). Aunque no se encontró información al respecto de la disminución del promedio del diámetro longitudinal en función al nivel de “sarna común”, esto podría de alguna forma estar asociado a lo señalado por SCHNETTLER (2000) donde evaluó la



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey

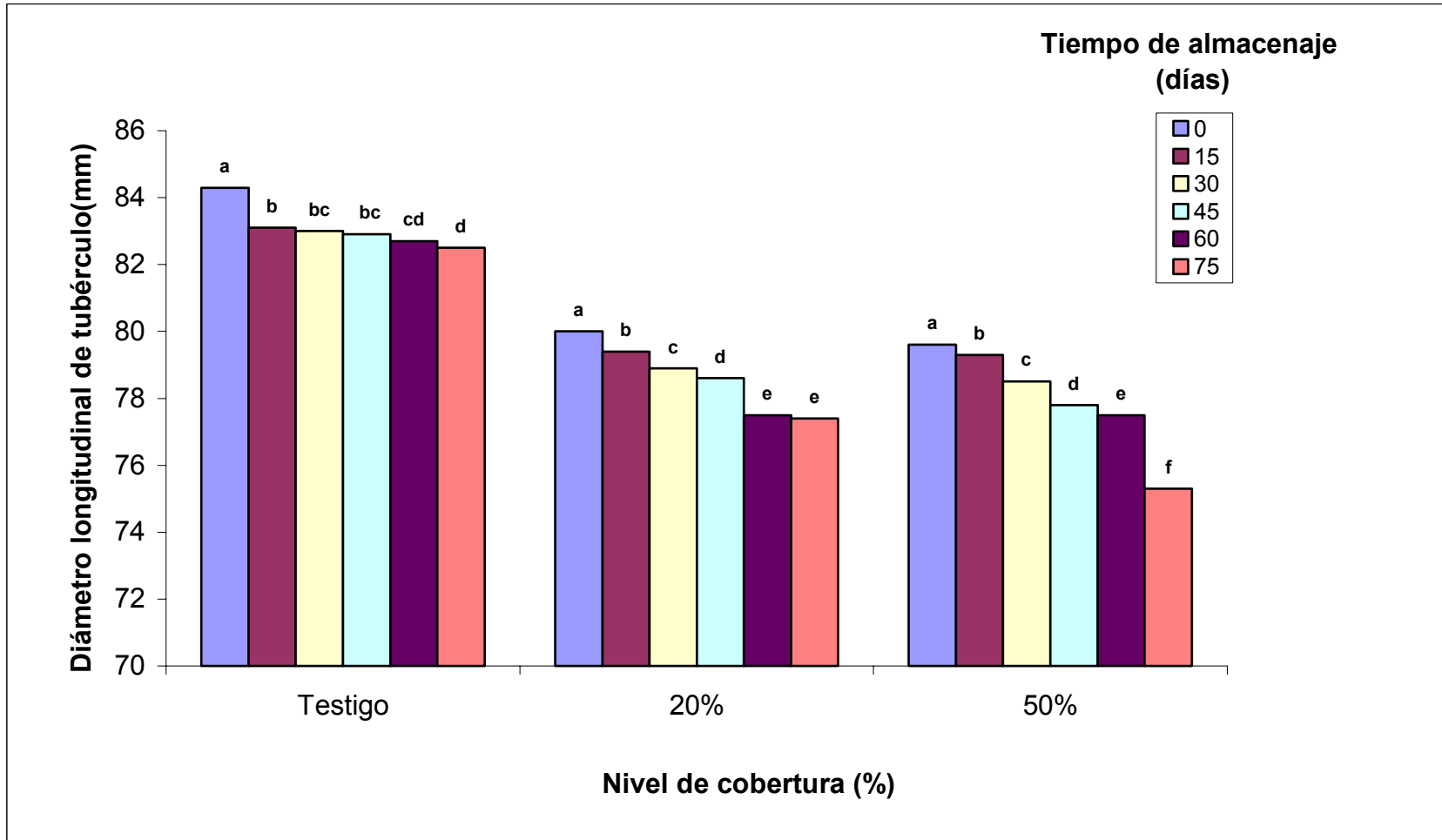
**FIGURA 9** Promedio del diámetro longitudinal (mm) de tubérculos de papa cv. Desirée durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionadas con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común”(S. scabies).

incidencia de *Rhizoctonia solani* agente causal de la “sarna negra” sobre la calidad y el rendimiento del cultivo. En este caso se observó que el plantar tubérculos infectados tienden a aumentar la cantidad de papa desecho, afectando directamente la calidad de las papas hijas. En consecuencia, es posible encontrar mermas considerables dentro de éstas: papas chicas, deformes y algunas grandes, que sin lugar a dudas, son inservibles. Es más, LAPWOOD *et al.*, (1970) menciona que la infección ocurre durante el primer mes - período en el cual el tubérculo inicia su crecimiento - y especialmente cuando se produce la elongación de los primeros internudos la “sarna común” afecta más severamente. Por lo tanto, es necesario para el manejo de esta enfermedad contar con un control preventivo, de lo contrario no se llegan a producir tubérculos comerciales.

A partir de este estudio, se deduce que el diámetro longitudinal del tubérculo se ve directamente influenciado por la incidencia del patógeno, tanto a nivel de campo como durante el almacenaje de éste.

En la Figura 10 se presentan los datos promedios que relacionan la variación del diámetro longitudinal para cada nivel de cobertura durante el tiempo de almacenaje. Se puede observar que existen diferencias entre los diámetros longitudinales y que éstos se presentan a partir de los 15 días de almacenaje. Los rangos promedios, fluctúan entre 2,5 g en aquellos tubérculos sanos y de 3,6 y 5,4 g en tubérculos con un 20 y 50% de “sarna común”. Esto demuestra que a mayor incidencia de *S. scabies*, mayor es la disminución del tamaño original, producto de una fuerte deshidratación, lo que trae como consecuencia un alto rechazo en la comercialización e industrialización de este producto (MELEGARI, 1997)

No obstante, el cv. Desirée presenta cualidades favorables para ser utilizado tanto en consumo fresco como para el procesamiento en papa tipo baston y/o hojuela. Por lo cual es necesario contar con tubérculos sanos y que a la vez presenten una forma oval alargada. En contraposición, se recomienda que aquellos tubérculos que iniciaron el almacenaje con un 20 y 50% de “sarna común”, no permanezcan almacenados por largos periodos, ya que se produce una mayor deshidratación, lo que



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 8** Promedio del diámetro longitudinal (mm) en tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*) relacionados con seis tiempos de almacenaje (días).

conlleva a una disminución del tamaño original, afectando la calidad comercial del producto. Esto ya ha sido determinado en los experimentos precedentes.

Finalmente, los resultados presentados en las Figuras 9 y 10 pueden ser reafirmados con el análisis de varianza (Anexo 3) que muestra diferencias significativas para los factores grado de cobertura y tiempo de almacenaje, no así para la interacción de ambos.

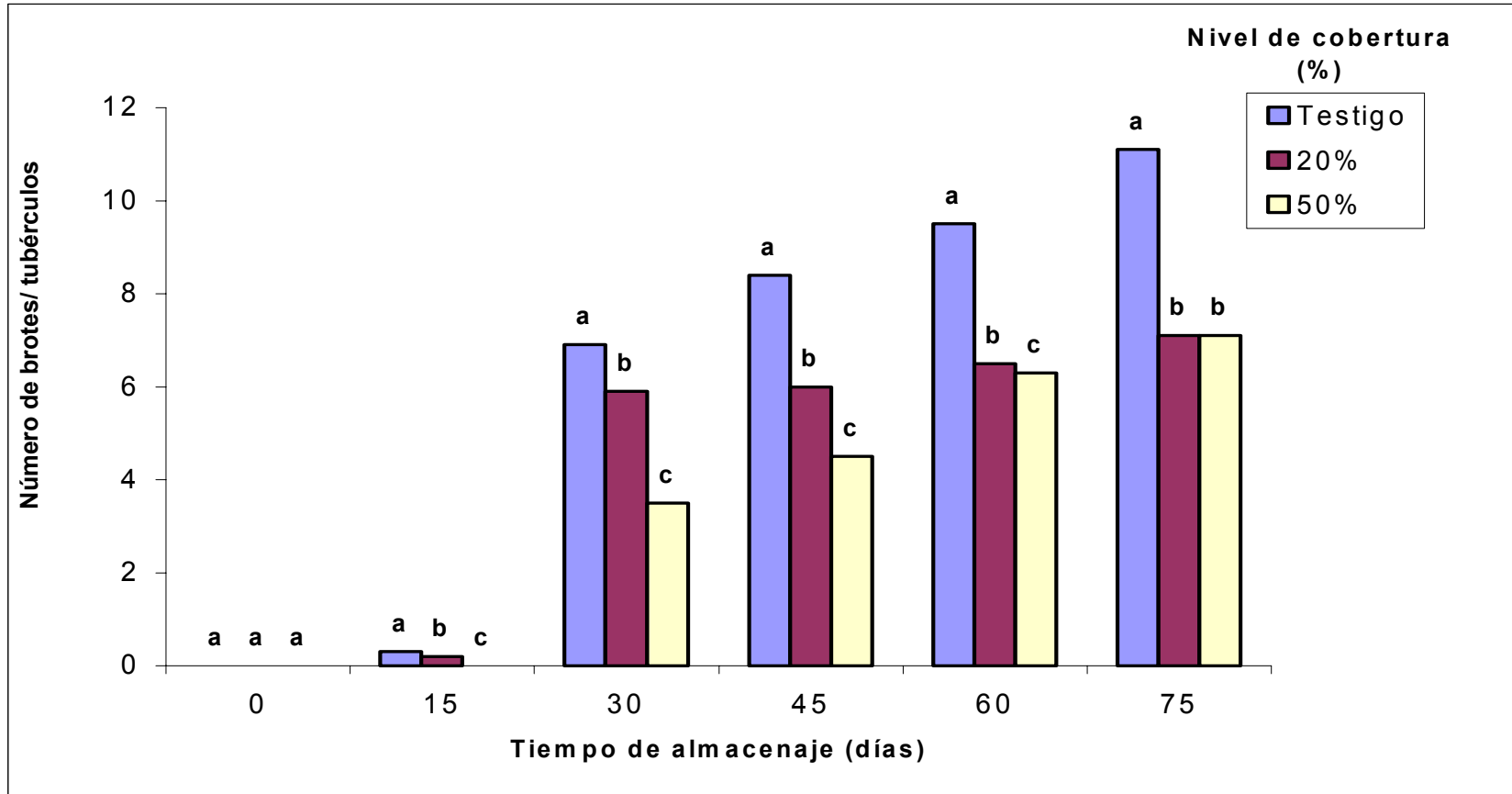
#### **4.4 Incidencia de *S. scabies* en el número de brotes por tubérculos de papa cv. Desirée, según tiempo de almacenaje y nivel de cobertura.**

PAVLISTA (1996) señaló que la mayor fuente de inóculos corresponde a suelos contaminados donde existe un mayor número de esporas que en los tubérculos infectados con “sarna común”, es por esto que una vez cosechados ya presentan síntomas asociados a la bacteria. A partir de esto, puede existir la posibilidad de que la emergencia y desarrollo de los brotes se vea afectado.

La Figura 11 muestra los resultados promedio de número de brotes para cada una de las fechas de muestreo relacionados con el nivel de infestación (0, 20 y 50%). Se observa que en la primera época de muestreo no se advierten diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de cada nivel de cobertura, esto se debe a que ningún tubérculo había brotado. No obstante, esta tendencia se revierte a partir de los 15 días de almacenaje, período en el cual los tubérculos testigo (0%) y aquellos con un 20% mostraron los primeros brotes. En cambio, en aquellos que presentan una mayor severidad (50% de nivel de ataque), la brotación ocurrió aproximadamente a los 30 días del inicio del estudio

De los resultados obtenidos se puede evidenciar, que la brotación no se vio afectada para tubérculos que presentan un mayor porcentaje de “sarna común”. Pero si se observó, que la emergencia fue posterior a aquellos con un nivel de infestación menor.





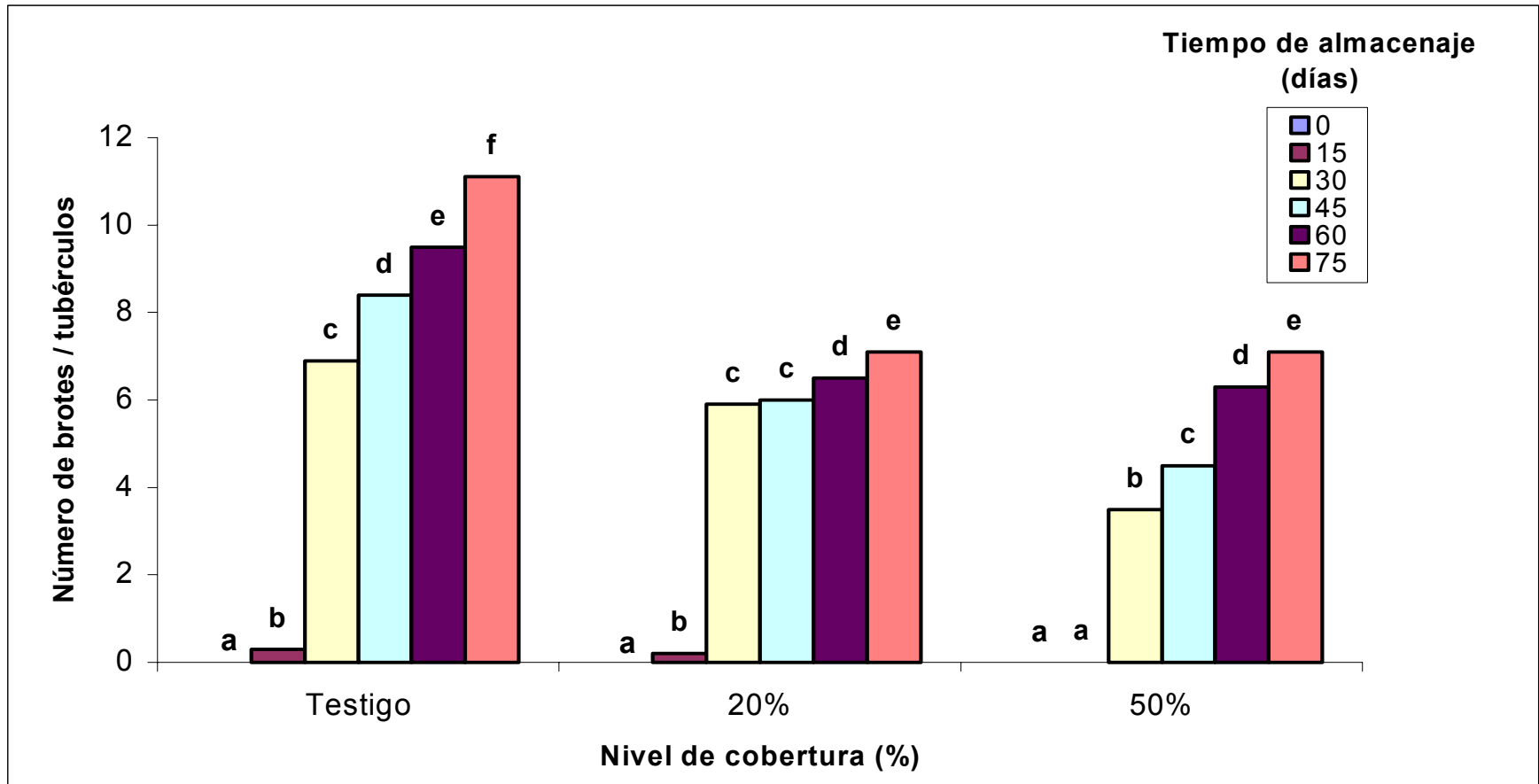
Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 11** Promedio del número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée, durante seis tiempos de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*).

A este respecto, ADAMS y HIDE (1981) y STEVENSON *et al.*, (2000), señalan que la emergencia de los brotes es independiente del grado de cobertura de “sarna común” que presentan los tubérculos. De igual manera, estudios realizados por BANG (1979), quien analizó la influencia de la “sarna rojiza” - enfermedad que provoca lesiones similares a la producida por *S. scabies* -, sobre la capacidad de la semilla para emerger, demostró que en semillas con alto nivel de incidencia de sarna su emergencia fue retardada en comparación a aquellos con una menor infestación. Esto explica, lo que ocurrió con los tubérculos que iniciaron el estudio con una mayor superficie cubierta con “sarna común”.

En la Figura 12 se presentaron los resultados del número de brotes, según el nivel de cobertura (0, 20 y 50%), en función al tiempo de almacenaje. En efecto, se muestra que hubo diferencias altamente significativas en el número de brotes por tubérculos de papa. A partir de estos resultados, se constató una menor cantidad de brotes en aquellos con una mayor incidencia de la enfermedad, en comparación a los sanos.

Estudios a este respecto, rectifican los valores obtenidos en la investigación. BANG (1979), señala que en tubérculos papa-semilla, con un alto grado de sarna, el número de brotes desarrollados es menor que aquellos tubérculos que presentan una menor incidencia de *S. scabies*. Esto se atribuiría a que los brotes podrían haber muerto antes de emerger. lo que traería como consecuencia una reducción del rendimiento.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 12** Promedio de número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée, para los distintos niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*) relacionados con seis tiempos de almacenaje (días).

A continuación, en la Figura 13 se observa que tubérculos con una mayor superficie de sarna, presentan un menor número de brotes (30 días de almacenaje).



**FIGURA 13** Brotación en tubérculos de papa con tres niveles de cobertura (0%, testigo; 20%, muestra 3; 50%, muestra 4). Se evidencia que a mayor nivel de infección hay un menor número de brotes.

#### **4.5 Incidencia de *S. scabies* sobre la turgencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) de tubérculo de papa cv. Desirée.**

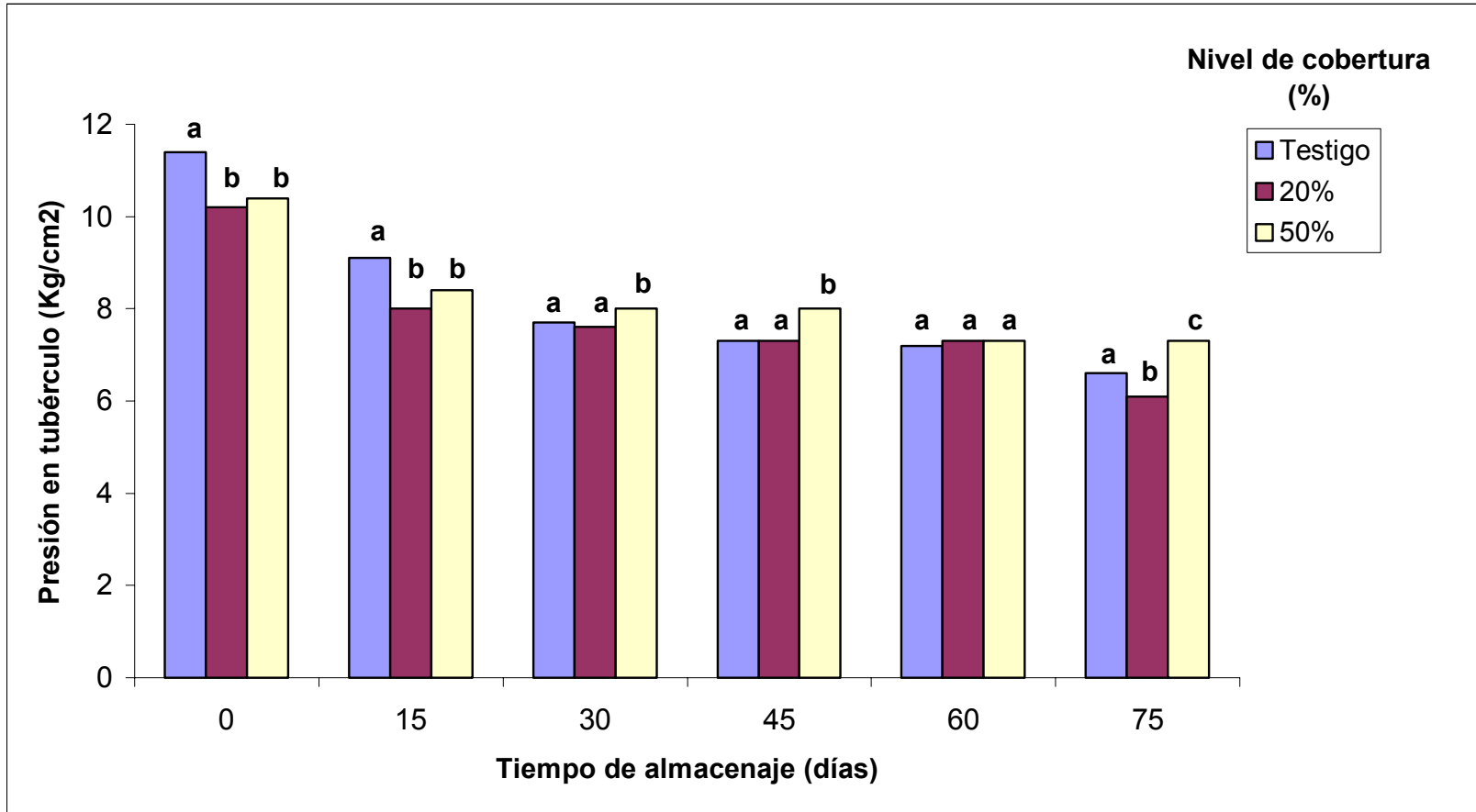
En este estudio se evaluó la turgencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) que presentaron los tubérculos cuando fueron almacenados. Esto se midió a través de la presión ejercida sobre la superficie para cada uno de los niveles de infestación.

La Figura 14 muestra los valores promedio que relacionan la turgencia de los tubérculos, durante los 75 días que dura este estudio. En efecto, es posible observar, que las diferencias se presentan desde el inicio al final del estudio.

Aunque, no se encontraron estudios relacionados con este parámetro, la disminución de la turgencia observada se podría deber, principalmente, al efecto de la deshidratación que estos presentaron durante el ensayo, lo que de alguna forma estuvo asociado a la incidencia del patógeno y por otro lado a la rápida brotación de los tubérculos. A este respecto, RÍOS (1999), menciona que la emergencia de los brotes tiende a aumentar la respiración de los tubérculos, esto trae como consecuencia el consumo de sustancias nutritivas de reserva, lo que se asocia a la senescencia y pérdida de vigor de éstos.

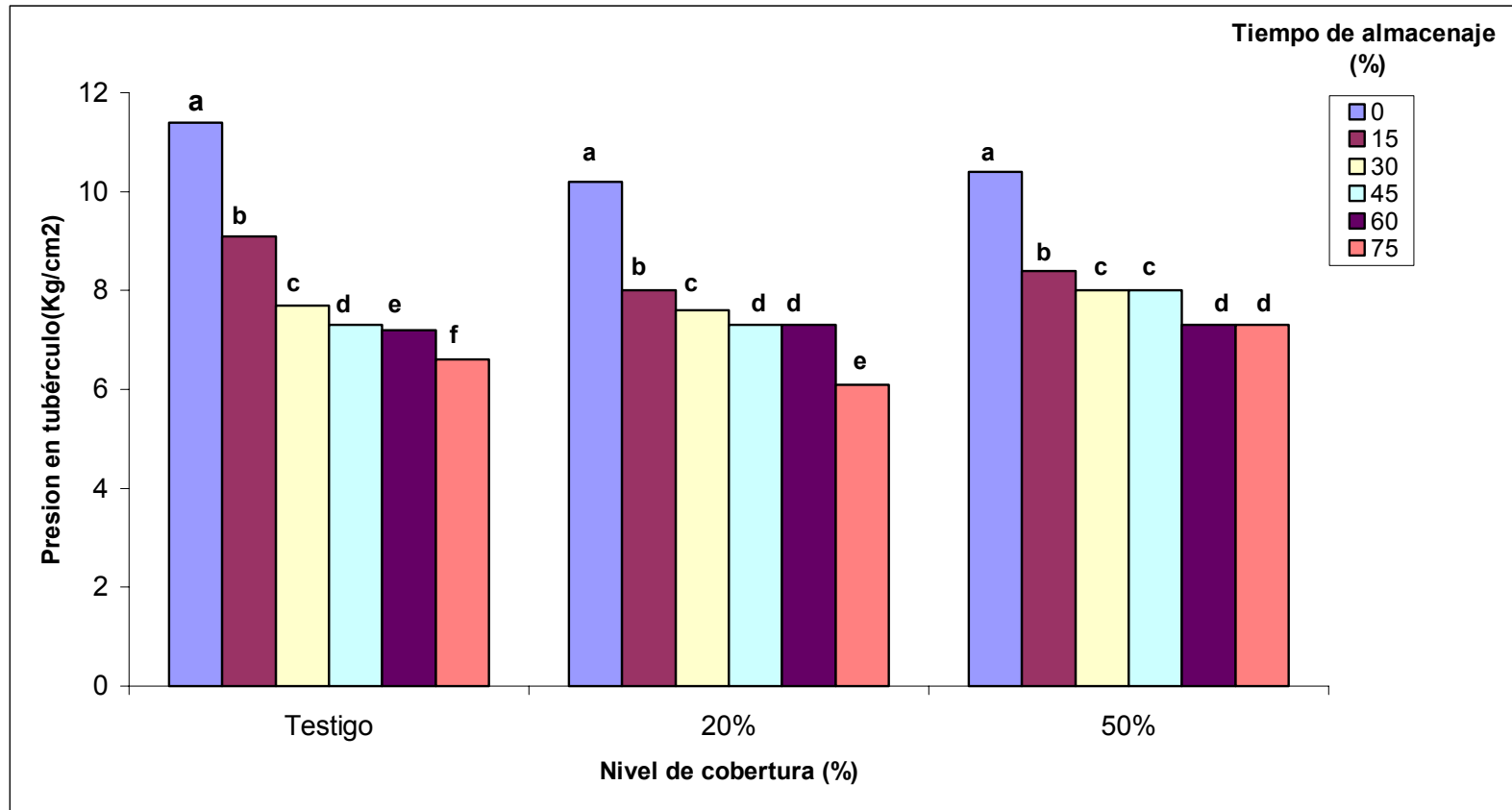
Lo señalado anteriormente, puede reafirmar de alguna forma lo que sucedió con las muestras en estudio. Se observó que a medida que transcurría el tiempo de almacenaje se presentaba una relación directamente proporcional, entre el número de brotes y la deshidratación de los tubérculos. Esto provocó la pérdida de vigor en su piel.

En la Figura 15, se presentan los valores promedios de presión sobre los tubérculos, relacionados con tres grados de cobertura en estudio (0, 20 y 50%). Se observan diferencias a partir de los 15 días de almacenamiento. En cuanto a los datos obtenidos, se muestra que la presión disminuye y que el rango en que fluctúan las presiones para los tubérculos sanos va desde 11,4 al inicio del estudio y de 6,6  $\text{kg}/\text{cm}^2$  siendo estos mayores que en aquellos con un 50% de infestación, donde su fluctuación fueron de 10,4 al inicio y 7,3  $\text{kg}/\text{cm}^2$  al final del almacenaje.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 14** Promedio de presión (Kg/cm<sup>2</sup>) en tubérculo de papa cv. Desirée para seis tiempos de almacenaje (días) relacionados con tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*).



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 1% Tukey

**FIGURA 15** Promedio de presión (kg/cm<sup>2</sup>) en tubérculos de papa cv. Desirée para tres niveles de cobertura (%) de “sarna común” (*S. scabies*) relacionados con seis tiempos de almacenaje (días)

Como se señaló anteriormente, no se encontraron investigaciones acerca de la incidencia de *S. scabies* sobre la turgencia de tubérculos. Por lo cual, se especuló con respecto a la incidencia de *H. solani* en relación a este parámetro durante un período de almacenaje de 75 días NAVARRO (2002). En este caso, se concluyó que existe una disminución de la calidad de la piel, el efecto del patógeno se traduce en que ésta sea más débil y delgada. En este estudio se aprecia un efecto similar en este mismo parámetro. Sin embargo, se observó que al final de la investigación la presión de aquellos que muestran un 50% de incidencia de *S. scabies* fue mayor que en los testigos. Estas notorias diferencias se deben a la naturaleza intrínseca de ambos agentes. Por un lado *H. solani* al avanzar su acción durante la guarda debilita sus tejidos. Por otro lado, *S. scabies* crea una capa corchosa que se presenta sobre su superficie, la cual a medida que transcurre la guarda se hace mas dura. Esto de alguna forma podría ser asociado a lo señalado por MAHONEY y CHRIST (2001), quienes indican que las pérdidas de agua vuelven la piel dura.

#### **4.6 Avance de la enfermedad durante el tiempo de estudio.**

En esta sección del estudio se evaluó el nivel de avance de la enfermedad en los tubérculos de papa cv. Desirée durante los meses de guarda. Éste se realizó mediante la observación de la superficie cubierta por la bacteria, para cada uno de los tratamientos (0, 20 y 50%) que se inicio el estudio.

Los resultados indican, que los tubérculos que comenzaron el almacenaje con 0% de “sarna común” y a medida que avanzaba el tiempo en guarda, no mostraron evidencias de que el patógeno se haya diseminado a éstos. Por otra parte, en aquellos que presentaron un 20 y 50% de “sarna” sobre su superficie, no aumentó el desarrollo de la enfermedad.

Estudios similares, realizados por RODRIGUEZ *et al.*, (1996) y NAVARRO (2002), analizaron el avance de *H. solani*, hongo causal de la “sarna plateada”. En este caso, se observó que la enfermedad se disemina y progresa en forma violenta durante el almacenaje, éstas dependen del nivel de infestación que presenten los tubérculos, además, de las condiciones al interior de la bodega. Sin embargo, los resultados



obtenidos en este punto difieren con lo señalado anteriormente, ya que, se demostró que el agente causal de la “sarna común” no aumenta su desarrollo, ni tampoco se disemina durante el almacenaje. Como una explicación a lo anterior, se puede mencionar que la infestación de los tubérculos con “sarna común” se produce en el ámbito de campo, para posteriormente, invadir al tubérculo cuando se esté formando y continuar por 6 a 8 semanas aproximadamente, expandiéndose a medida que el tubérculo crece (LORIA, 1997).

La invasión del patógeno termina una vez que el tubérculo deja de crecer (SMITH, 1992). Por lo cual, una vez que éste llega a su madurez ya no es susceptible al ataque. Esto se debe, a que el peridermo se ha suberizado impidiendo la entrada de la bacteria (ADAMS, 1975).

Finalmente, es posible aseverar, que la calidad de los tubérculos sanos no se ve afectada al ser almacenados junto a aquellos que presentan incidencia a *S. scabies*. Esto se debe a que no hay diseminación del agente durante el período dado, siendo ésta a nivel de campo (AGRIOS, 1996). Lo contrario a lo que ocurre con *H. solani* agente causal de la “sarna plateada” (NAVARRO, 2002).

Es necesario mencionar que la unidad muestral utilizada en el estudio corresponde al cv. Desirée, el cual se caracteriza por presentar una alta susceptibilidad a *S. scabies*. En consecuencia, al seleccionar los tubérculos al interior de la bodega se presentara una alta incidencia de “sarna común” sobre su superficie. Por lo cual, es posible determinar que la severidad con que pueden ser afectados depende en gran parte a la variedad a utilizar.

En otro ámbito, las propiedades edafoclimáticas tienden a influir en la severidad de la lesión. LORIA *et al.*, (1997) establecen que existen condiciones específicas para la infección a nivel de campo, donde las temperaturas óptimas son alrededor de 25 a 30° C, con un pH sobre 5.5 y con un bajo contenido de humedad en el suelo. Resultados obtenidos por MISHRA *et al.*, (2001) confirman lo señalado anteriormente. Éste evaluó distintos cultivares durante dos períodos, (1996/97 y 1997/98), y observó que la temporada 1997/98 presentó una menor incidencia de “sarna común”, esto se debió a una

baja en la humedad del suelo. También se demostró, que una reducción de agua durante la formación y desarrollo del tubérculo, incrementa la infección de la bacteria (LAPWOOD 1971 y WILSON 2001).

Además, KING *et al* (1991), encontraron una correlación positiva entre la patogenicidad de varias cepas de *S scabies* y su capacidad para producir la fitotoxina (thaxtomina). Esto puede verse avalado por investigaciones realizadas por LORIA *et al* (1995) y LEINER *et al* (1996), donde los autores evaluaron distintas cepas llegando a la conclusión que aquellas con una mayor cantidad de taxtomina A, son aisladas de síntomas más severos.

## 5 CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio, podemos concluir los siguientes puntos:

- ❖ La Incidencia de *S. scabies* sobre el peso de los tubérculos, tiene directa relación con el nivel de cobertura que presentan los tubérculos de papa y la pérdida de agua que sufren en el transcurso del almacenaje, denotándose que a mayor incidencia de sarna común, mayor es la pérdida de peso, atribuyéndose a una mayor deshidratación.
- ❖ A mayor tiempo de almacenamiento y mayor nivel de infestación, mayor es la variación del diámetro ecuatorial, esto se refleja en las diferencias de promedio alcanzadas en los distintos grados de cobertura.
- ❖ Los tubérculos con un mayor nivel de “sarna común” mostraron una reducción significativa en el diámetro longitudinal. Estas diferencias se observaron a partir de los 15 días de iniciado el estudio.
- ❖ Aquellos tubérculos con mayor porcentaje de “sarna común” presentaron una brotación retardada y un menor número de brotes en comparación a aquellos con un 20 y 50% de nivel de cobertura.
- ❖ La turgencia de los tubérculos disminuyó a medida que transcurrió el período de guarda. Sin embargo, se observó que en aquellos que presentaron un 50% de cobertura de sarna, la disminución fue menor a la de los testigos.
- ❖ Durante el período de estudio no se observó que la enfermedad progresara durante el almacenaje.
- ❖ Los tubérculos sanos al ser almacenados junto a tubérculos enfermos no mostraron síntomas de la enfermedad.

## 6 RESUMEN

En Chile, la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* Hawkes.) ocupa el cuarto lugar de importancia en término de superficie de cultivos anuales. Concentrándose la mayor producción nacional en las Regiones IX y X, orientada a la certificación y al consumo.

Hoy en día, las exportaciones de este producto ha tienden a incrementarse, por lo que es necesario contar con mayores volúmenes. Además, los tubérculos deben reflejar condiciones fitosanitarias y de calidad adecuadas. Sin embargo, aún así la ésta zona sur presenta una serie de enfermedades que causan serios daños económicos a la producción.

Este es el caso de la “sarna común” de la papa causada por la bacteria *Streptomyces scabies*. Ésta origina una disminución de la calidad del tubérculo, debido a la apariencia externa que éstos sufren al ser invadidos por el patógeno. Por lo cual, su mayor importancia destaca en la comercialización de éste, debido al alto rechazo durante las exportaciones.

Esta es una enfermedad poco estudiada en cuanto al deterioro que pueden sufrir los tubérculos cuando son almacenados con cierta incidencia de “sarna común”. Por lo cual, el propósito de este trabajo fue evaluar los daños causados por *S. scabies* sobre tubérculos de papa (*S. tuberosum* L.) cuando se encuentran bajo almacenamiento.

Los tubérculos fueron seleccionados al interior de una bodega de Frutillar. Posteriormente se separaron de acuerdo al nivel de cobertura, a través, de la norma de certificación de semillas de papa (SAG): sanos (testigo), 20 y 50% incidencia de “sarna común” sobre la superficie. Las evaluaciones se realizaron en tubérculos durante 75 días y los parámetros analizados fueron: número de brotes, presión del tubérculo, pérdida de peso, grado de avance de la enfermedad, diámetro ecuatorial y longitudinal.

Los análisis realizados demostraron que los factores tiempo de almacenaje (días) y grado de cobertura (0, 20 y 50%) ejercieron una influencia significativa en la turgencia y el número de brotes por tubérculo. Asimismo, tanto el peso como el tamaño que presentaron al inicio del estudio se vio alterado durante el periodo de guarda. Se demostró una disminución en ambos parámetros, siendo éstos, mayores en aquellos tubérculos con un nivel de cobertura de 50%. Sin embargo, se observó que la enfermedad no progresó en el transcurso del período en bodega, ni tampoco se diseminó a aquellos tubérculos sanos.

## SUMMARY

Potato (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* Hawkes.) is the fourth in importance of area of annual crops in Chile. Concentrating its highest national production in regions IX and X, this , oriented to certification of potato seeds and fresh use.

Actually, exports of these products have increased, that is why it is necessary to achieve higher volumes together with a good quality and phytosanitary conditions. However, in this area several diseases that cause serious economic damage the potato crop are present.

This is the case of “potato common scab” caused by the bacteria *Streptomyces scabies*. It decreases the tuber quality, due to the external appearance they suffer when are infected by the pathogen. The main importance lays in the marketing of tubers, because of the high rejection during exports.

There is not enough studies of this disease in relation to the damage that tubers can suffer when stored with a certain degree of infestation. For that reason, the purpose of this research was to evaluate the damage caused by *S. scabies* on potato tubers (*S. tuberosum*) when stored.

Tubers were selected from a storage located in Frutillar. Later they were separated in their infestation degree according to tuber seed certification standards (SAG): healthy (controls), 20 and 50% of common scab incidence on tuber surface. Evaluations during 75 days were made and the analysed parameters were: number of sprouts, pressure, weight loss, degree of disease progression, ecuatorial and longitudinal diameter.

Analysis of data demonstrated that factors such as storage period (days) and infestation level (0, 20 and 50%) had a significative influence in the turgescence and the number of sprouts per tuber. Thus, weight and size at the beginning of the study was altered during the storage period, showing a decrease for both parameters, being

higher in tubers with 50% infestation. However, it was observed that disease did not progress during the storage period, neither was disseminated to healthy tubers.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ACCATINO, P. 1994. Ventajas de la producción de tubérculo-semilla de papa. Agroeconómico (Chile) (23) : 15-19p.
- ACUÑA, I. y ANDRADE, N. 2002. La sarna común de la papa. Informativo Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). N°37.
- ADAMS, M. 1975. Potato tuber lenticels: development and structure. Annals of Applied Biology. 79: 265-273.
- ADAMS, B. y HIDE, G. 1981. Effects of common scab (*Streptomyces scabies*) on potatoes. Annals of Applied Biology. 98: 211-216.
- ANONIMO. 2002. Inhibición de brotación en papas. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N° 11. Osorno (Chile). 13-14.
- BANG, H. 1979. Studies on potato russet scab. Influence of infection on the production capacity of seed. Potato Research. 23: 203 –208.
- AGRIOS, G. 1996. Fitopatología. Noruegas Editores 2 ed. DF (México). Limusa. 838p.
- APABLAZA, G. 2000. Patología de cultivos. Epidemiología y control holístico. Santiago (Chile). Universidad Católica de Chile. 346p.
- CALDERONI, A. 1978. Enfermedades de la papa y su control. (Argentina) . Hemisferio Sur. 141p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1998. La papa en cifras: Producción, Uso, Consumo, Comercialización. < [www.cipotato.org/market/Potatofacts/papapdf/papaprod.pdf](http://www.cipotato.org/market/Potatofacts/papapdf/papaprod.pdf) >. (26 jun.2002).



- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO DE CHILE. 2000. Enfermedad y plagas de la papa en el sur de Chile. Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. 30p.
- CHILE, MINISTERIO AGRICULTURA. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (S.A.G). 1994. Norma general específica de certificación de semillas. Santiago (Chile). Ministerio de Agricultura. 109p.
- . 1999. Normas Específicas de Certificación de Papa ( *Solanum tuberosum* L. ). Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°2. Osorno (CHILE). 14p.
- . 2000a. Diseño de estrategia de control integrado orientado a incrementar la calidad fitosanitaria certificada del cultivo de papa de semillas SZ, sus asociados y productores de la zona sur de Chile. Ministerio de agricultura. 157p.
- . 2000b. Enfermedades y plagas de la papa en el sur de Chile. Ministerio de agricultura. 29p.
- CIAMPI, L. 2002. Introducción a la Patología Vegetal. Universidad Austral de Chile. Valdivia (Chile). Facultad de Ciencias Agrarias. 232p.
- CONTRERAS, A. 1991. El cultivo de la papa. Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. 33p.
- . 1999. Pequeña agricultura en la Región de Los Lagos, Chile. Cultivo de la papa. 175 – 198p.
- . 2000. La papa en el contexto nacional e internacional. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N° 6. Osorno (Chile). 16.
- . 2001. El mundo de la papa. *In*: Papa.<[www.agrarias.uach.cl/wepapa](http://www.agrarias.uach.cl/wepapa)> (9, abr 2001).

- DOERING, C. KAMPFER, P. SHULAMIT, M. GIORA y K. SCHNEIDER, J. 1992. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. Applied and Environmental Microbiology. 58 (12): 3932-3940.
- FOOD AND AFRICULTURE ORGANIZATION (FAO), CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1999. La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la economía de la papa a nivel mundial. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N° 3 Diciembre 14.
- FUNDACIÓN CHILE. 2001. La cadena agroalimentaria del cultivo de la papa en Chile. Santiago (Chile). Ministerio de Agricultura. 72p.
- GOTH, R., HAYNES, R., YOUNG, D. WILSON, B., y LAUER, F. 1995. Relative resistance of the potato cultivar Krantz to common scab caused by *Streptomyces scabies* as determined by laster analysis. American Potato Journal. 72: 505 – 510.
- HIDALGO, O y RINCON, H. 1989. Avances en la producción de tubérculo – semilla de papa en los países del cono sur. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 1999p.
- HOOKER, W. 1981. Compendium of potato diseases. Minnesota. United States of America. APS Press, St Paul. 125p.
- KALAZICH, B. 1999. Ficha Técnica. Desirée. Asociación Chilena de la Papa.(ACHIPA). N° 2 Agosto 13.
- KATZNELSON, H. 1965. Nature and importance of the rhizosphere pp 187 – 207. In: Developments in control of potato bacterial disease. Lima, Perú. Reportan of a Planning Conference International Potato Center. 137p.

- KING, R. LAWRENCE, H y CLARK, M. 1991. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected potato tubers. American Potato Journal. 68: 675-680.
- LAPWOOD, D y HERING, T. 1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). Potato Research. 13: 296 – 304.
- LIRA, E. 1987. Variación estacional en el contenido de aceite, contenido de humedad, relación pulpa – largo, diámetro polar, diámetro ecuatorial y calidad organoléptica. Tesis Lic. Agr. Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de ciencias agrarias. 116p.
- LEINER, R., FRY, B., CARLING, D. y LORIA, R. 1996. Probable involvement of thaxtomin A in pathogenic of *Streptomyces scabies* on seedlings. Phytopathology. 86 (7): 709-713.
- LORIA, R; BUCKHALIA, R; CREATH, R; LEINER, R; OLIVIER, M. y STEFFENS, J. 1995. Differential production of thaxtomins by pathogenic *Streptomyces* species in vitro. Phytopathology. 85 (5): 537-541.
- LORIA, R; BRAGHIDA, B. y FRY, B. 1997. Plant pathogenicity in the genus streptomyces. Plant disease. 81 (8): 836 – 846.
- LORIA, R. (s/f). Vegetablemdonline. Potato scab. < vegetablemdonline. ppath. cornell.edu/fact sheers/Potato\_scab.html> (15. sep. 2002).
- LUCARELLI, C. 1998. Papas, recuperación de precios internos. Agroeconomico. Abril– Mayo 44: 31.35.
- MAHONEY, S y CHRIST, B. 2001. Northampton country cooperative extension vegetable and fruit production < www. northampton extension psu.edu/Ag NR/ vegfrt.html> (20. sep. 2002).

- MELEGARI, A. 1997. Producción. *In*: Proyecto propapa: sarna común.  
In: sitio web < [www.tucuman.com/producción/1997/jul-10html](http://www.tucuman.com/producción/1997/jul-10html)> (14. agos. 2001)
- MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 1994. Normas generales y específicas de certificación de semillas. Ministerio de Agricultura (Chile). Santiago. 109p.
- MISHRA, K. y SRIVASTAN, A. 2001. Screening potato cultivars for common scab of potato in a naturally infest field. *Potato Research*. 44: 19 –24.
- NAVARRO, P. 2002. Aproximación de la patogénesis de *Helminthosporium solani* Dur & Mont en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Hawes) durante el almacenaje. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 89p.
- PARK, L. 1965. Survival of microorganism in soil. *In*: Ecology of soil borne plant pathogens. Prelude to biological control. Baker K, and W Snyder (eds) University of California Press. 82 – 92 p.
- PAVLISTA, A. 1996. How important is common scab in seed potatoes. *American Potato Journal*. 73: 275-278.
- RIOS, L. 1999. Condiciones para un buen almacenamiento de papa –semilla. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N° 1 Mayo 3 – 5.
- RODRIGUEZ, D., SECOR, G., GUDMESTAD, N y FRANCL, G. 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed y commercial storages. *Plant Disease*. 80 (9): 1063 – 1070.
- ROWE, R. CURWEN, D. FERRO, D. y LORIA, R. 1993. Potato health management . Editorial the American. (USA). 178p.

- SANTOS, J., KALAZICH, J., BARRIENTOS, C., y LOPEZ, H., 1999. Producción y utilización de la semilla botánica de papa. Asociación chilena de la Papa (ACHIPA). (3): 8 –9.
- 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.
- SILVA, L. 1999. Control biológico de *Rhizoctonia solania* Kühn AG3 en papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante *Serratia liquefaciens* cepa S111 bioencapsulado bajo condiciones controladas. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 107p.
- SMITH, M. DUNEZ, J. LELLIOTT, R. PHILLIPS, D y ARCHER, S. 1992. Manual de enfermedades de la plantas. Madrid (España). Mundi- prensa. 671p.
- SNOWDON, A. 1991. Disease & Disorders of Fruit & Vegetables. Aylesbury (England). Wolfe Scientific. 415p.
- STEVENSON, W., JAMES, R. 2000. Evaluation of potato cultivars and breeding selection to identify resistance to common scab. < [www. common scab. Cultivars resistance/ 2002. html](http://www.commonscab.org/CultivarsResistance/2002.html).> (14. agos. 2002).
- TAPIA, B. 2001. Papas y hortalizas. Temporada Agrícola (Chile). 17:67-71.
- . 2002. Situación actual y perspectivas de la papa. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N°11. Osorno (Chile). 16p
- WATERER, D. 2002. Management of common scab of potato using planting and harvest dates. Canadian Journal of Plant Science. 82: 185 – 189.

WILSON, C. PEMBERTON, B. Y RANSOM, L. 2001. The effect of irrigation strategies during tuber initiation on marketable yield and development of common scab disease of potato in russet Burbank in Tasmania. *Potato Research*. 44: 243 –251.

ANEXOS

**ANEXO 1 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* sobre el peso (g) de tubérculos de papa cv. Desirée, con 0, 20 y 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días).**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Nivel de cobertura	171,868	2	85,9341	**15,04	0,0000
B: Tiempo de almacenaje	615,555	5	123,111	**21,55	0,0000
C: Repetición	150,327	2	75,1635	13,16	0,0001
Interacción					
A X B	153,627	10	15,3627	*2,71	0,0153
Residuo	194,22	34	5,71234		
Total	1285,6	53			

\* indica diferencias significativas.

\*\* indica diferencias altamente significativas.

**ANEXO 2 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* sobre el diámetro ecuatorial (mm) de tubérculos de papa cv. Desirée, con 0, 20 y 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días).**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Nivel de cobertura	37,6116	2	18,8058	**14,77	0,0000
B: Tiempo de almacenaje	29,6839	5	5,93678	**4,66	0,0024
C: Repeticiones	0,668305	2	0,334152	0,26	0,7707
Interacción					
A X B	4,52627	10	0,452627	0,36	0,9573
Residuo	43,2931	34	1,27333		
Total	115,783	53			

\*\* indica diferencias altamente significativas.



**ANEXO 3 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* sobre el diámetro longitudinal (mm) de tubérculos de papa cv. Desirée, con 0, 20 y 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días).**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Nivel de cobertura	275,321	2	137,661	** 41,71	0,0000
B: Tiempo de almacenaje	47,8614	5	9,57229	* 2,9	0,0276
C: Repeticiones	53,4763	2	26,7381	8,1	0,0013
Interacción					
A X B	11,5437	10	1,15437	0,35	0,9596
Residuo	112,218	34	3,30053		
Total	500,42	53			

\* indica diferencias significativas.

\*\* indica diferencias altamente significativas.

**ANEXO 4 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* sobre el número de brotes en tubérculos de papa cv. Desirée, con 0, 20 y 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días).**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Nivel de cobertura	57,1163	2	28,5581	**39,23	0,0000
B: Tiempo de almacenaje	622,522	5	124,504	**171,01	0,0000
C: Repeticiones	3,41493	2	1,70747	2,35	0,1111
Interacción					
A X B	33,929	10	3,3929	**4,66	0,0000
Residuo	24,7535	34	0,728044		
Total	741,73573	53			

\*\* indica diferencias altamente significativas.

**ANEXO 5 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de *S. scabies* sobre la presión (kg/ cm<sup>2</sup>) en tubérculos de papa cv. Desirée, con 0, 20 y 50% de cobertura, durante seis tiempos de almacenaje (días).**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Valor P
A: Nivel de cobertura	2,46797	2	1,23396	**19,5	0,0000
B: Tiempo de almacenaje	90,1749	5	18,035	**285,02	0,0000
C: Repeticiones	0,388001	2	0,194001	3,07	0,0597
Interacción					
A X B	5,28	10	0,528	**8,34	0,0000
Residuo	2,15141	34	0,0632768		
Total	100,462	53			

\*\* indica diferencias altamente significativas.