



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

**Efecto de una mezcla de fungicidas (Fluazinam y Fludioxonil+Mefenoxam),
aplicada al tubérculo-semilla, sobre la transmisión de *Spongospora
subterranea* (Wallr.) Lagerh., causante de la sarna polvorienta en papa
Solanum tuberosum L.**

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

Cristian Andrés Aguilar Salazar

VALDIVIA – CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE:

Sr. Luigi Ciampi P.

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

PROFESORES INFORMANTES:

Sra. Laura Böhm S.

Ing. Agr.

Sr. Roberto Carrillo LI.

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

A Dios y a su hijo Jesucristo.
Gracias por llevarme en su espalda.

Dedicada a “Mis padres”.

Esta tesis es tanto mía como de ustedes, esto es el esfuerzo de todos,
gracias, por lo que me han entregado.

“A mi novia”, que se transformó en la estrella que iluminó mi vida.

“A mi hermano”, que mi camino fortalezca tu camino.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Ana y Enrique y a mi hermano Fabián, por haberme dado la posibilidad de estudiar y desarrollarme, ya que sin su esfuerzo, sacrificio, consejos y paciencia no hubiese finalizado mi meta. La distancia no me impidió sentirlos cerca día a día.

A mi novia Carolina, por su amor, paciencia y apoyo incondicional y a mi “suegra” Danny, por recibirme como un hijo.

A mis abuelos Margarita y Enrique, por acogerme en su hogar y darme tranquilidad.

A mi tíos Ana y Lalo e hijos Patty y Andrés que me trataron como un hijo y un hermano más; por su apoyo, consejos y palabras de aliento.

A mi tíos Eva y Hugo, por su cariño y alegría.

A mi profesor patrocinante Sr. Luigi Ciampi por su valiosa ayuda, excelente disposición, por su paciencia y amistad.

A mis profesores informantes, Sra. Laura Böhm y Sr. Roberto Carrillo por todo su apoyo y colaboración.

A mis amigos Martín, Pancho y Rocky, con quienes compartí estos hermosos años.

Poder agradecer a todos los que han sido parte de mi vida y de este largo camino es imposible; sin embargo, quiero reconocer a todos aquellos que lograron aportarme un granito de su sabiduría. A todos ustedes, Gracias

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	Cultivar Desirée	5
2.2	Factores que afectan al cultivo de la papa	6
2.2.1	Enfermedades que afectan la calidad estética de la papa	6
2.3	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallr.) Lagerh	7
2.3.1	Clasificación taxonómica	8
2.3.2	Agente causal	8
2.3.3	Síntomas	8
2.3.4	Ciclo de la enfermedad	9
2.3.5	Epidemiología	10
2.3.6	Rango de hospederos	10
2.3.7	Daños producidos por la enfermedad	11
2.3.8	Prácticas culturales	12
2.3.9	Control químico	13
2.3.10	Modo de acción de los fungicidas	14

Capítulo		Página
3	MATERIAL Y MÉTODO	17
3.1	Material	17
3.1.1	Ubicación del ensayo	17
3.1.2	Material vegetal	17
3.1.3	Fungicidas en evaluación	17
3.1.4	Implementos a utilizar en el ensayo	18
3.1.5	Material para la colecta de suelo	19
3.1.6	Material para la preparación del sustrato	19
3.1.7	Material utilizado para el desarrollo y cosecha del cultivo	19
3.1.8	Material para el análisis de muestras	19
3.2	Método	21
3.2.1	Tratamientos y duración de la investigación	21
3.2.1.1	Tratamiento 1	21
3.2.1.2	Tratamiento 2	21
3.2.1.3	Tratamiento 3	21
3.2.1.4	Tratamiento 4	22
3.2.1.5	Tratamiento 5	22
3.2.2	Preparación del sustrato	22
3.2.3	Desarrollo del ensayo	24
3.2.4	Riego	25
3.2.5	Cosecha	25

Capítulo		Página
3.3	Parámetros a evaluar	27
3.3.1	Emergencia de las plantas	27
3.3.2	Apreciación de la enfermedad en tubérculos	27
3.3.3	Apreciación de la enfermedad en raíces	27
3.3.4	Altura de plantas	27
3.3.5	Número de tallos	28
3.3.6	Peso fresco del follaje	28
3.3.7	Número de tubérculos	28
3.3.8	Peso de tubérculos	28
3.3.9	Peso de la raíz	28
3.3.10	Largo de raíz	28
3.3.11	Efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en tubérculos sanos y en el desarrollo posterior de la planta (Fitotoxicidad)	28
3.4	Diseño experimental	29
3.4.1	Análisis estadístico	29
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
4.1	Emergencia de las plantas	30
4.2	Incidencia de la enfermedad en tubérculos hijos y en raíces	35

Capítulo		Página
4.2.1	En tubérculos hijos	36
4.2.2	En raíces	40
4.3	Altura de planta	44
4.4	Número de tallos por planta	45
4.5	Peso fresco del follaje	47
4.6	Número de tubérculos	49
4.7	Peso de tubérculos por planta	50
4.8	Peso promedio de las raíces	52
4.9	Largo de raíz	54
5	CONCLUSIONES	57
6	RESUMEN	59
	SUMMARY	61
7	BIBLIOGRAFIA	63
	ANEXOS	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características generales de los funguicidas fluazinam y fludioxonil+mefenoxam a utilizar en el ensayo	18
2	Descripción de los cinco tratamientos realizados en el ensayo	22
3	Análisis del suelo	24
4	Escala para la valoración de la incidencia y severidad de la sarna polvorienta manifestada en tubérculos y raíces	26
5	Porcentaje de plantas emergidas a los 30 y 60 días después de la plantación en los diferentes tratamientos analizados	31
6	Nota de apreciación de la incidencia de sarna polvorienta sobre tubérculos y raíces al momento de la cosecha	35
7	Resultados de las diferentes mediciones realizadas a los parámetros en análisis, durante la cosecha sobre plantas de papa <i>Solanum tuberosum</i> L., de los distintos tratamientos	43

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Lesiones en la piel de tubérculos de papa <i>Solanum tuberosum</i> L., síntomas de <i>S. subterranea</i>	9
2	Ciclo de <i>Spongospora subterranea</i>	11
3	Materiales utilizados en el ensayo	20
4	Incidencia de <i>S. subterranea</i> sobre el porcentaje de plantas emergidas a los 30 días después de la plantación	32
5	Incidencia de <i>S. subterranea</i> sobre el porcentaje de plantas emergidas a los 60 días después de la plantación	33
6	Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la enfermedad (<i>S. subterranea</i>) en los tubérculos, al momento de la cosecha.	37
7	Lesiones en la piel de tubérculos de papa <i>Solanum tuberosum</i> L., síntomas de <i>S. subterranea</i> en tubérculos hijos	39
8	Evaluación sobre la incidencia de la enfermedad (<i>S. subterranea</i>) en raíces de plantas de papa, al momento de la cosecha, de los tratamientos analizados	41

Figura		Página
9	Agallas en raíces de plantas de papa <i>S. tuberosum</i> , síntomas de <i>S. subterranea</i>	42
10	Altura promedio de las plantas de papa, medidas al momento de la cosecha en todos los tratamientos analizados	44
11	Promedio del número de tallos por planta de los distintos tratamientos	46
12	Peso promedio del follaje en fresco, al momento de la cosecha, en todas las plantas de papa de los diferentes tratamientos realizados	48
13	Número de tubérculos por planta de acuerdo a cada tratamiento	49
14	Peso de tubérculos por planta de los diferentes tratamientos	51
15	Peso de raíces por planta, al momento de la cosecha, de los distintos tratamientos realizados	53
16	Largo de raíces por planta, medidos al momento de la cosecha, de acuerdo a cada tratamiento	55

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia de las plantas a los 30 días después de la plantación en los distintos tratamientos	71
2	Análisis de varianza (ANDEVA) para el porcentaje de emergencia de las plantas a los 60 días después de la plantación en los distintos tratamientos	72
3	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación a la apreciación de la enfermedad en tubérculos	73
4	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación a la apreciación de la enfermedad en raíces	74
5	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación a la altura de planta	76

Anexo		Página
6	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al número de tallos	77
7	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al peso fresco de follaje	79
8	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al número de tubérculos	80
9	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al peso de tubérculos	82
10	Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al peso de raíz	83
11	Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefexonam) sobre <i>S. subterranea</i> en relación al largo de raíz	85

Anexo		Página
12	Tabla de temperaturas mínima, máxima y media (°C), tomada en la Estación Climatológica "Teja".	86
13	Tabla de precipitaciones (mm), tomada en la Estación Climatológica "Teja".	87

1 INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados a nivel mundial y nacional, conlleva múltiples desafíos, que no dejan ajena a la agricultura. De esta forma, esta importante actividad debe desarrollar estrategias de producción, comercialización y mercados, para lograr una presencia y persistencia exitosa, que ayuden a incrementar la competitividad de los productos nacionales.

La papa *Solanum tuberosum* L., constituye el cultivo que más se expande en superficie de plantación en los países en desarrollo. Esto se debe 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.

Para satisfacer esta demanda, se debe tener en consideración los distintos factores que afectan al desarrollo y producción de este cultivo. Entre los factores que inciden en las exportaciones, están los fitosanitarios y de calidad.

Entre los factores fitosanitarios que afectan el cultivo de la papa, se encuentran diferentes patologías. Una de ellas es la “sarna polvorienta” cuyo agente causal es *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh., sobre la cual, se desarrollan investigaciones para su control. Esta enfermedad que se encuentra casi en todos los suelos productores de papa del mundo, tiende a incidir, principalmente, en la calidad estética del tubérculo que se va a comercializar.

De acuerdo a lo anterior, en esta investigación se planteó la siguiente hipótesis:

La aplicación de la mezcla de los fungicidas fluazinam y fludioxonil+mefenoxam a tubérculos-semillas, reduce la propagación de *Spongospora subterranea*, agente causal de la “sarna polvorienta”, desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos.

Es por lo anteriormente señalado, que esta tesis tiene como objetivo general:

Evaluar el efecto de la mezcla de los fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam), aplicado a los tubérculos-semilla sobre *S. subterranea*, agente causal de la “sarna polvorienta”.

Como objetivos específicos:

Determinar la presencia de la enfermedad causada por *S. subterranea* en los tubérculos hijos de los distintos tipos de tratamientos.

Evaluar la presencia de la enfermedad causada por *S. subterranea* en las raíces de los distintos tipos de tratamientos.

Valorar el efecto de la mezcla de los fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre ciertos parámetros de la planta.

Analizar si se produce fitotoxicidad en la planta por la utilización de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam).

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales de la papa.

La papa, *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* Hawkes, es una planta originaria del altiplano de América del Sur, donde se consume desde hace más de 8.000 años. Los exploradores españoles llevaron la planta a Europa a fines del siglo XVI, como una curiosidad botánica. Para el siglo XIX, se había expandido por todo el continente, proporcionando alimentación abundante y de bajo costo a los trabajadores de la revolución industrial (HOOKER, 1981).

Una de las principales características de esta planta dicotiledónea, es su importancia en la dieta del hombre. Posee múltiples usos: consumo humano directo, alimento de ganado, industrias alimenticias (fabricación de puré deshidratado y papas fritas), de almidón y destilación (obtención de alcohol) (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

En la actualidad, a nivel mundial, es el cuarto cultivo en orden de importancia, después del trigo, arroz y maíz. Presenta una superficie total cultivada, aproximadamente de 18 millones de hectáreas, con una producción cercana a los 300 millones de toneladas (CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA), 2004).

Su expansión, como cultivo básico para la humanidad, se fundamenta debido al alto contenido de hidratos de carbono (20%) y valor energético (72-80 Kcal /100g) (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

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 produce a un período de abundante oferta durante todo el año (CONTRERAS, 2000).

La superficie y la producción del cultivo de la papa se concentra, principalmente, en las Regiones IX y X, con una producción del 50% de la producción nacional (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE), 2004).

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).

El rendimiento de papa a través de los años, denota un aumento entre las temporadas. Sin embargo, los datos no reflejan la situación fitosanitaria que presentan los tubérculos, ni tampoco, la calidad de la papa semilla, manejo cultivo, condiciones hídricas y la tecnología de producción empleada (FUNDACIÓN CHILE, 2001).

Al respecto, CONTRERAS (2000), analizó el rendimiento de la papa semilla certificada, donde el rendimiento bruto fue de 25-40 toneladas. No obstante, no más de 10 toneladas se agruparon en la categoría de papa semilla. Esto se debería, por un lado, a enfermedades que afectan la calidad estética del tubérculo (piel) y, por otra parte, a lo anterior se le agrega tubérculos deformes, con tierra, golpes, deshidratación, pudriciones y brotación.

La superficie cultivada con papas en la temporada 2003/04 fue de 59.560 hectáreas, un 6.4% superior a la temporada anterior. Este aumento se observó principalmente en la zona central y sur del país, cuya producción corresponde, fundamentalmente, a papa temprana y de media estación (ODEPA, 2004).

Según INE (2004), el 65% de la superficie cultivada con papa corresponde a cultivos de secano, proporción que entre las Regiones VIII y X llega al 90%, por lo que un descenso en las precipitaciones puede tener un efecto importante en la productividad de los cultivos.

El destino de la producción nacional de papa es, preferentemente, consumo interno (TAPIA, 2001). Siendo el estado en fresco (60%) el de mayor consumo (FUNDACION CHILE, 2001).

El mercado consumidor de papas de Chile es poco exigente en relación a la calidad del producto de compra, debido a que se permite un amplio margen de ventas de papas cortadas, podridas, deformes, deshidratadas, con tierra y enfermas (SCHNETTLER, 2000).

2.1.2 Cultivar Desirée. CONTRERAS (1991), señala que el cultivar Desirée es de piel colorada, semitardia, flor morada clara, carne amarilla clara, tubérculo oval-alargado, ojos superficiales y que es procedente de semilla SZ de Holanda.

AGUILA (1987), indica que es un cultivar de alto rendimiento, de buen almacenaje, con un desarrollo vegetativo bastante rápido, con numerosos tallos largos y firmes, de crecimiento inclinado, con hojas pequeñas, erectas, de color verde oscuro. Además, es un cultivar de consumo directo con muy buenas características culinarias (FAIGUENBAUM, 1987).

En relación a las enfermedades, tiene buena resistencia a virus Y de la papa (PVY) y moderada susceptibilidad al virus del enrollamiento de la papa (PLRV). Susceptible a sarna común (*Streptomyces scabies* (Thaxter)) y medianamente resistente a costra negra (*Rhizoctonia solani* (Kühn)) (Instituto de Investigación Agropecuarias s.f., citado por BERROCAL (2006)).

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 (HOOKER, 1981).

La región sur del país, no se encuentra exenta de problemas fitosanitarios, sino que, por el contrario, es posible reconocer cuadros fitopatológicos característicos año tras año. Sin embargo, se encuentra libre de enfermedades cuarentenarias, lo que permite mantener a esta zona inmersa en el contexto agroecológico óptimo para el cultivo (CHILE, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), 1994).

2.2.1 Enfermedades que afectan la calidad estética de la papa. Una de las limitantes que presenta el cultivo de papa se debe a problemas fitopatológicos, los que producen importantes pérdidas en el rendimiento y la calidad del producto, afectando la comercialización. Algunas de las principales enfermedades de la papa han sido reportadas en Chile y de ellas muchas son endémicas, o sea, presentes en cualquier lugar donde se cultiva papa (ACUÑA y VARGAS 2004).

Estas enfermedades pueden ser causadas por hongos, bacterias, nemátodos, etc. que dañan la piel del tubérculo, provocando un rechazo en las exportaciones, debido a la desmejora de su calidad, que muchas veces está asociado a una fuerte deshidratación o la presencia de síntomas (CALDERONI, 1978).

2.3 *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh.

En cada país, se la distingue con nombres distintos, aunque el más utilizado es “*powdery scab*”. En Perú se le llama “roña” (CALDERONI, 1978). Otros nombres: “*pulverschorf*”, “*kartoffelräude*”, “*gale poudreuse*” (HOOKER, 1981). En Chile fue citada por primera vez por Mujica en 1942 cuando se informó que en 1936 había atacado de forma intensa los cultivos de papa de Llanquihue y Chiloé (MONTALDO, 1984).

Este pseudohongo se encuentra ampliamente distribuido en los suelos. Es un parásito obligado y aun cuando puedan sobrevivir en el suelo como esporas latentes durante muchos años, sólo pueden desarrollarse y reproducirse en un número limitado de hospederos (AGRIOS, 1996).

ALONSO (1996), señala que la sarna polvorienta es una enfermedad que ataca al tubérculo. La infección se produce por las lenticelas, heridas y a veces por las yemas.

Un importante daño indirecto es que *S. subterranea* es vector de la enfermedad conocida como enanismo de los tallos de papa o virus de la punta loca de la papa (Mop-Top de la papa), causada por el Potato Mop-Top Virus (PMTV), que provoca marcada disminución de los rendimientos y afecta severamente la calidad comercial de los tubérculos (AGRIOS, 1996; LUCERO, 1998 y SANDGREN *et al.*, 2002).

2.3.1 Clasificación taxonómica. Según AGRIOS (1996), la clasificación taxonómica de esta enfermedad, es la siguiente:

Dominio: Eucariota

Reino: Protozoa

Phylum: Plasmodiophoromycota

Orden: Plasmodiophorales

Familia: Plasmodiophoraceae

Género: *Spongospora*

Especie: *S. subterranea*

2.3.2 Agente causal. La enfermedad es producida por *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. f. sp. *subterranea* Tomlinson, es un endoparásito obligado (CALDERONI, 1978). Este pseudohongo es miembro de los Plasmodiophorales. Los quistosoros o “masas de esporas” son ovoides, irregulares o alargados, constituidos por un conglomerado de esporas (quistes) de descanso, fuertemente aglutinadas entre sí. Las zoosporas, primarias y secundarias, son uninucleadas, de forma ovoide a esférica, con dos flagelos de tamaño desigual (HOOKER, 1981).

2.3.3 Síntomas. De acuerdo a PUMISACHO y SHERWOOD (2002), se puede encontrar tubérculos afectados en cualquier estado de desarrollo.

Los síntomas son pústulas de color castaño purpúreo que se extienden lateralmente debajo de la piel (Figura 1), formándose lesiones con forma de granos (ALONSO, 1996). El aumento de tamaño y división de las células parasitadas empuja y rompe el peridermo, formando proyecciones de color blanco con apariencia de verrugas (HOOKER, 1981).

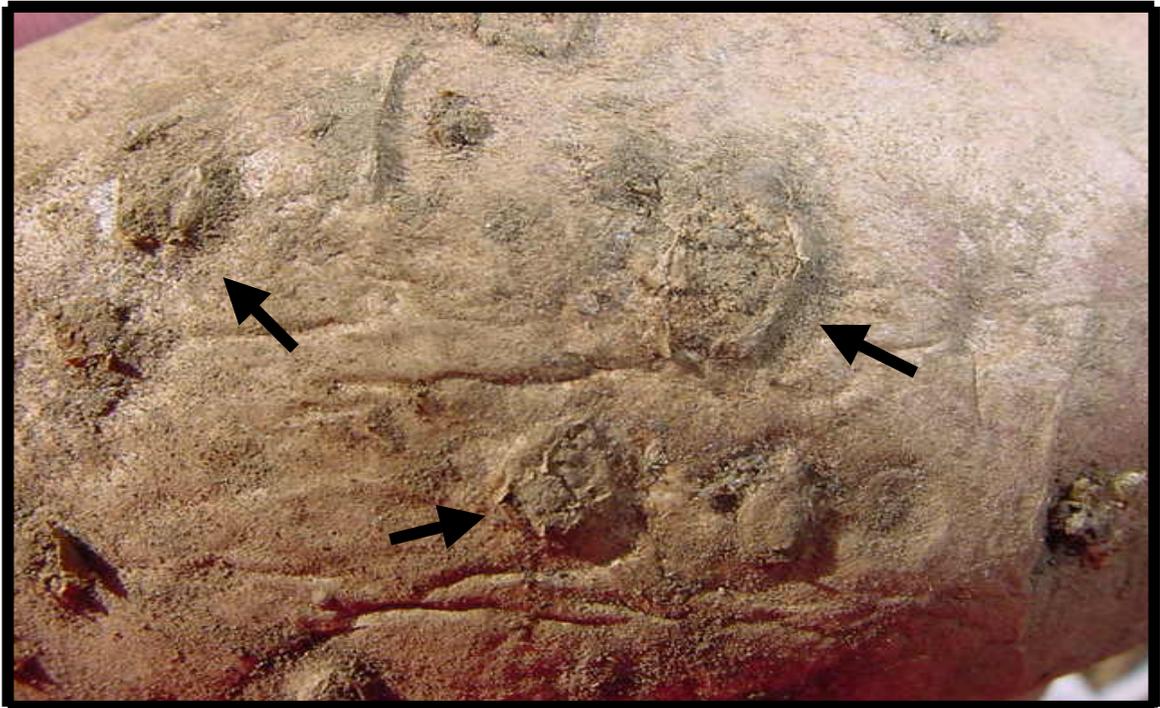


FIGURA 1 Lesiones en la piel de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L., síntomas de *S. subterranea*.

FUENTE: LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA (UACH) (2004).

Los primeros síntomas aparecen en las raíces en forma de pequeñas agallas claras de 2 a 15 mm que se vuelven oscuras y se rompen con el tiempo. Sin embargo, una raíz infectada no siempre desarrolla agallas. Las agallas que se forman en las raíces pueden ser tan graves y severas como para producir marchitez y la muerte de la planta (ALONSO, 1996; CARLING, 1996 y PUMISACHO y SHERWOOD, 2002).

2.3.4 Ciclo de la enfermedad. Las masas de esporas, constituidas por un conjunto de esporas de descanso (quistosoros) se conservan en el suelo, las que estimuladas por la presencia de raíces de plantas susceptibles, germinan produciendo sus esporas primarias, las cuales ingresan a las células epidérmicas de las raíces, estolones o pelos radicales (HOOKER, 1981).

Al respecto, CALDERONI (1978), señala que en los pelos radicales se producen masas multinucleadas (plasmodio esporangial), a partir del cual se forma el zoosporangio, que originan las zoosporas secundarias, las que diseminan la infección hacia las raíces y tubérculos donde se agrandan y se multiplican, formándose, de esta manera, las agallas que en su interior forman, finalmente, las masas de esporas de descanso, (Figura 2) (AGRIOS, 1996 y HOOKER, 1981).

2.3.5 Epidemiología. El inóculo se disemina por el viento y por los tubérculos portadores de esporas de reposo. La infección temprana es favorecida por la presencia de humedad y temperatura baja en el suelo y las infecciones tardías, por una gradual pérdida de humedad (ALONSO, 1996).

ZINK *et al.* (2004) señala que la disminución de la temperatura del suelo en la zona de raíz, genera un rango sumamente favorable para la infección.

Según HOOKER (1981), el tiempo requerido desde el inicio de la infección de las raíces y tubérculos, hasta la formación de las agallas es de menos de tres semanas a una temperatura de 16 a 20° C. MILLER (2001), por otro lado, señala que la infección ocurre alrededor de los 11-15 °C, coincidiendo a menudo con la iniciación del tubérculo, siendo ésta, la época más susceptible para la infección.

2.3.6 Rango de hospederos. El hongo infecta y completa su ciclo de vida sobre diversas especies tuberíferas de *Solanum* y sobre raíces de las no tuberíferas *Solanum nigrum* L. y *Nicotiana rustica* L. Otros hospedantes en los que la infección no conduce a la formación de esporas de descanso incluye dicotiledóneas, monocotiledóneas y gimnospermas (HOOKER, 1981).

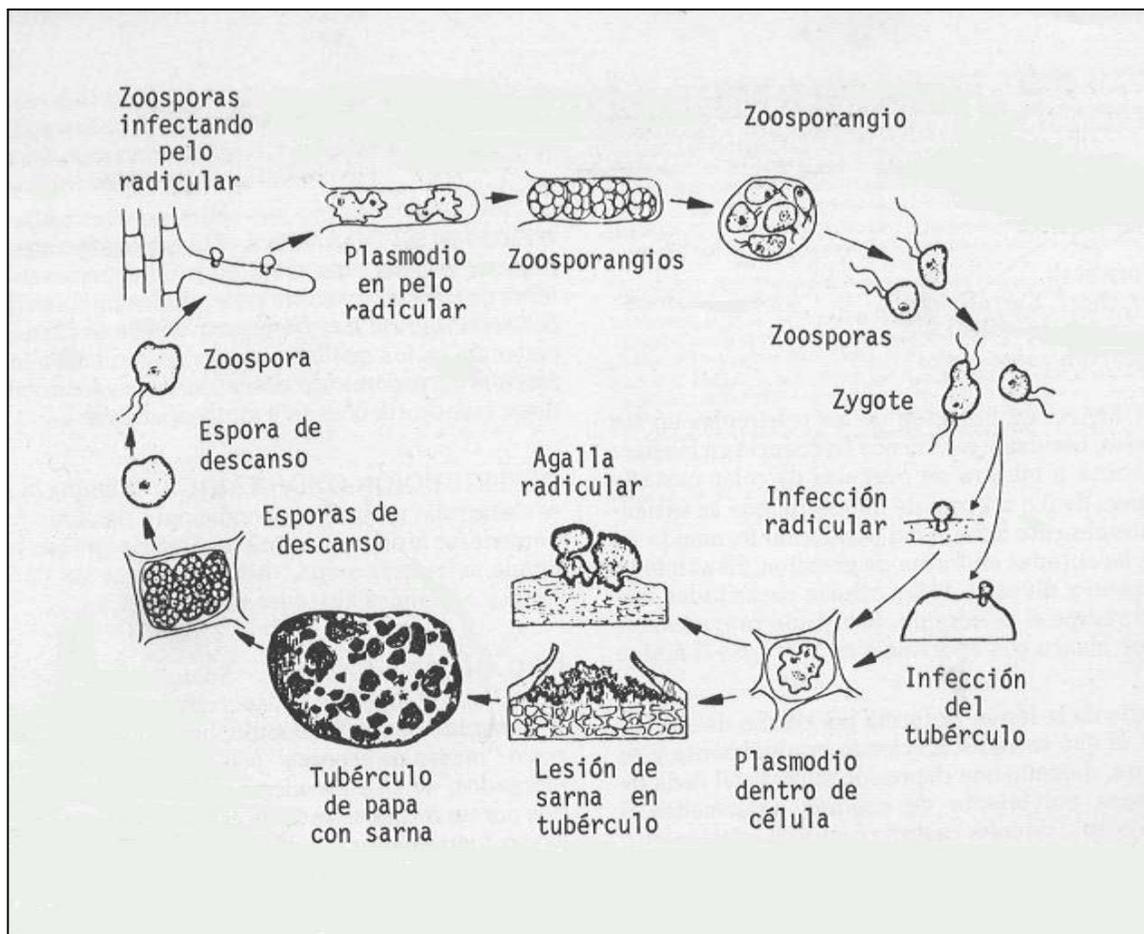


FIGURA 2. Ciclo de *Spongospora subterranea*.

FUENTE: AGRIOS (1996).

2.3.7 Daños producidos por la enfermedad. La “sarna polvorienta” es una enfermedad seria y está presente en muchas áreas productoras de papa, afectando el desarrollo del cultivo a nivel de campo, desde la emergencia hasta la cosecha. Bajo condiciones ambientales frías y húmedas, después de la plantación, puede afectar la emergencia y el desarrollo de la planta. También, reduce en forma importante el rendimiento comercial y las plantas infectadas tienden a producir una gran cantidad de tubérculos deformes, con protuberancias y partiduras (CHILE, SAG, 1994).

Sin embargo, a nivel nacional, se carece de un registro de las pérdidas producidas por esta enfermedad. La dimensión de los daños de ella pueden aumentar en alrededor de un 30%; esto, si se adicionan otras enfermedades, golpes, deshidratación y pudriciones. Lo antes señalado, se debe, principalmente, a un mal manejo fitosanitario, tanto a nivel de campo, como durante su almacenaje, lo que puede traer problemas si se quisiera exportar grandes volúmenes de papa (CHILE, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), 2001).

Cuando el patógeno tiene condiciones favorables para su desarrollo, produce graves daños en el cultivo, afectando todos los órganos subterráneos de la papa e incluso, provocando la muerte prematura de la planta (LUCERO, 1998).

2.3.8 Prácticas culturales. La aparición de *S. subterranea* y su permanencia en el suelo puede verse influenciado por un sinnúmero de factores, como por ejemplo: frecuencia en el cultivo, uso de variedades de semilla altamente sensibles, periodos cortos entre cosecha y plantación, humedad, temperatura y contenido de humus en el suelo, entre otros. Las investigaciones realizadas de los factores ecológicos que influyen en la aparición del problema son la temperatura, humedad de los suelos y las características del suelo (Stachewicz *et al.*, 2001 citado por SALAS, 2005).

Las medidas preventivas para esta enfermedad comprenden: uso de semilla libre de la enfermedad, no sembrar en terrenos infectados con el patógeno y hacer una rotación de cultivos lo más amplia posible para la papa (ALONSO, 1996; CRUZ, 2002 y TORRES, 2002). Complementando esto, CALDERONI (1978), señala que como los tubérculos son la fuente de infección, se aconseja descartar los enfermos. Se debe elegir suelos con buen drenaje.

Según CRUZ (2002), se debe evitar el uso de estiércol fresco de animales alimentados con tubérculos infectados, ya que, el patógeno resiste el paso por el tracto digestivo del animal.

No se han desarrollado todavía medidas de control que respondan en forma completamente adecuada, si bien se recomienda el uso de variedades resistentes, el uso de semilla libre de la enfermedad es una de las estrategias más efectivas para evitar la introducción del patógeno. Experimentos realizados sobre fertilización con N, P, K, sulfato de amonio, nitrato de calcio y elementos menores han demostrado que la nutrición tiene poco o ningún efecto en la incidencia de la enfermedad (HOOKER, 1981).

2.3.9 Control químico. Los fungicidas como su nombre lo indica, son los productos utilizados para combatir hongos (ALONSO, 1996). Los fungicidas son usados extensamente en la industria, la agricultura, en el hogar y el jardín, para un número de propósitos que incluyen: para protección de las semillas de granos durante su almacenamiento, transporte y germinación; para la protección de los cultivos maduros, los semilleros, las flores e hierbas silvestres (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 1989).

SARASOLA (1975), señala que los fungicidas en su sentido amplio, pueden proteger a la planta antes de que ésta se vea afectada, destruyendo él o los inóculos, denominando a estos fungicidas como protectores.

De este modo, según MILLER (2001), el control químico para la sarna polvorienta ha sido demostrado usando zinc, fluazinam, mancozeb, y metam sodio. El azufre no ha mostrado ningún control. El suelo con los altos niveles del zinc ha sido represivo a la sarna polvorienta. La adición del óxido del zinc reduce la severidad, pero no la incidencia.

PUMISACHO y SHERWOOD (2002), señalan que no existen productos químicos que controlen efectivamente la *S. subterranea*. Se puede tratar el suelo con desinfectantes generales (metam sodio, bromuro de metilo, etc.), los cuales, dados los actuales niveles de rendimiento, no resulta una práctica económicamente rentable y exige además un alto grado de mecanización.

La fumigación del suelo con metam sodio reduce, pero no elimina, las esporas (JOHNSON, 2004). MILLER (2001), señala que el metam sodio muestra una eficacia limitada. El inóculo no es eliminado, pese a todo, las cantidades ha utilizar no son probablemente rentables. Según TORRES (2002), la desinfección de tubérculos con productos como benlate y mancozeb pueden reducir el inóculo y proteger a las nuevas plantas en los primeros estados de desarrollo; al respecto JOHNSON (2004), indica que, mancozeb utilizado en tratamientos de semillas puede ayudar a reducir la extensión del patógeno de la semilla infectada.

Actualmente no se conocen registros de un control químico, ni estudios relacionados con un manejo efectivo para la sarna polvorienta de la papa, por ende, es fundamental evaluar cuales fungicidas pueden dar un mejor resultado para nuestras condiciones de producción (GARCIA, 2002).

2.3.10 Modo de acción de los fungicidas. Los fungicidas son productos químicos capaces de producir la muerte y/o inhibir el desarrollo de los hongos, que causan un gran número de enfermedades en las plantas, o partes de éstas, debido a ataques al sistema radical o en la zona aérea (Andrade, 1984 citado por FUENTES, 1993).

Un fungicida sólo puede actuar como control de una enfermedad de dos maneras realmente importantes. Una consiste en proteger a la planta de sus enemigos, en este caso el compuesto debe aplicarse sobre la planta antes que

llegue el hongo. La otra gran vía de acción por la que pueden controlarse las enfermedades es curar a la planta ya infectada, esto se llama terapia (SARASOLA, 1975).

Normalmente en los fungicidas agrícolas se suelen mezclar dos o más materias activas de manera que el producto actúe por contacto debido a la acción de una de las moléculas y la otra molécula tenga una acción sistémica o translaminar (ALONSO, 1996).

Fluazinam es un fungicida comercializado por la empresa de agroquímicos Syngenta Agribusiness S.A., bajo el nombre comercial SHIRLAM 500 SC. Pertenece al grupo químico de los piridinamina, y se formula en forma de suspensión concentrada (SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005).

Fluazinam está registrada en Japón, Nueva Zelanda, Europa, Brasil, Chile, Colombia, y México. El compuesto es poco móvil en el suelo y se degrada rápidamente. No es tóxico para abejas y otros insectos beneficiosos. Debido a que el compuesto es un inhibidor de multisitios de enzimas fungosas, no hay ninguna preocupación de resistencia, ya que, es un producto adecuado para estrategias de dirección de resistencia (MILLER, 2001).

Fluazinam es un fungicida preventivo, el cual, actúa inhibiendo la respiración y la producción de la energía dentro del hongo, por lo que inhibe la germinación de la espora y la formación del apresorio. Este fungicida se utiliza principalmente para controlar *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005).

Fludioxonil+mefenoxam, es un fungicida cuyo ingrediente activo es una mezcla de fludioxonil y mefenoxam, comercializado por agroquímicos Syngenta Agribusiness S.A. bajo el nombre comercial CELEST 035 FS. Este ingrediente activo pertenece al grupo químico de los fenilpirrol y acilalanina; su concentración y formulación está sobre la base de 25 g/L fludioxonil + 10 g/L mefenoxam (FS) (suspensión concentrada para tratamiento de semillas) (SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005).

Este fungicida es de contacto, sistémico y preventivo, presenta un amplio espectro de acción, además de actividad residual. Se utiliza principalmente para el tratamiento de semilla de maíz, maravilla, sorgo, soja y cereales de invierno. La forma de acción de este fungicida es estimulando la síntesis del glicerol (sustancia reguladora de la presión osmótica intracelular), provocando hipertrofia y bloqueando el crecimiento de las células del hongo (SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material.

Los materiales empleados durante el presente ensayo corresponden a una colaboración entre la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile y la empresa Syngenta Agribusiness S.A., por lo que, fueron suministrados por ambas entidades.

3.1.1 Ubicación del ensayo. La investigación se llevó a cabo en las dependencias en la Escuela de Agronomía, ubicada en la Isla Teja de la ciudad de Valdivia. Específicamente, en el Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, donde se encuentran los invernaderos y la semilloteca.

3.1.2. Material vegetal. El material vegetal utilizado en la investigación, fueron tubérculos de papa *S. tuberosum*, del cultivar Desirée. Los tubérculos se obtuvieron por medio de la empresa de agroquímicos Syngenta Agribusiness S.A.; tanto los tubérculos enfermos como los sanos, estos últimos correspondían a material certificado (C2).

3.1.3 Fungicidas en evaluación. Los fungicidas en evaluación son una mezcla de dos productos, los que poseen diferentes ingredientes activos y son diferentes en su modo de acción, como anteriormente se detallaron y como a continuación se resumen (Cuadro 1).

Fluazinam es un fungicida que pertenece al grupo químico de los piridinamina, su concentración y formulación está sobre la base de 500 g/L de fluazinam. Es un fungicida preventivo, el que actúa inhibiendo la respiración y la

producción de la energía dentro del hongo, por lo que inhibe la germinación de la espora y la formación del apresorio. El compuesto no es muy móvil en el suelo y se degrada rápidamente.

Fludioxonil+mefenoxam, ingrediente activo perteneciente al grupo químico de los fenilpirrol y acilalanina; su concentración y formulación está sobre la base de 25 g/L fludioxonil + 10 g/L mefenoxam (FS) (suspensión concentrada para tratamiento de semillas). Es un fungicida de contacto, sistémico y preventivo, presenta un amplio espectro de acción, además de una actividad residual. La forma de acción es estimulando la síntesis del glicerol (sustancia reguladora de la presión osmótica intracelular), provocando hipertrofia y bloqueando el crecimiento de las células del hongo (SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005).

CUADRO 1 Características generales de los funguicidas fluazinam y fludioxonil+mefenoxam a utilizar en el ensayo.

Ingrediente activo	Fluazinam	Fludioxonil+mefenoxam
Grupo químico	Piridinamina	Fenilpirrol + acilalanina
Concentración y formulación	500 g/L de fluazinam	25 g/L de fludioxonil + 10 g/L de mefenoxam
Modo de acción	Sistémico	Contacto

FUENTE: SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A., 2005.

3.1.4 Implementos a utilizar en el ensayo. Los implementos utilizados en esta tesis (Figura 3), fueron suministrados por la Universidad Austral de Chile, específicamente, por el Instituto de Producción y Sanidad Vegetal y por la empresa de agroquímicos Syngenta Agribusiness S.A.. Estos se especificarán de acuerdo a las etapas del proyecto en las cuales se utilizaron.

3.1.5 Material para la colecta de suelo. Para este efecto se utilizaron los siguientes materiales: suelo tipo trumao, palas, sacos, harnero con orificios de 2 cm de diámetro, carro de transporte y carretillas.

3.1.6 Material para la preparación del sustrato. Aquí se usaron los siguientes materiales: palas, sacos, bolsas plásticas de color negro que sirvieron como base para almacenar el sustrato, polietileno negro y bombona de bromuro de metilo para la desinfección. Además de arena para realizar la mezcla de sustrato.

3.1.7 Material utilizado durante el desarrollo y cosecha del cultivo. Estos correspondieron a los siguientes: mangueras, aspersores, lápiz, plumones, bolsas de papel, sacos, agua, bandejas plásticas y tijeras de podar.

3.1.8 Material para el análisis de muestras. Se emplearon los siguientes materiales: toallas de papel, huincha de medir, bolsas de papel, lápiz, planillas de datos, balanza analítica electrónica Mettler PE 3600 Delta Range^R (capacidad 3600g, 0.01g de precisión) para el pesaje de las muestras.



FIGURA 3. Materiales utilizados en el ensayo.

3.2 Método.

A continuación se dará a conocer la metodología utilizada en el ensayo. Estos consistieron en evaluar una mezcla de fungicidas para el control de la “sarna polvorienta” causada por *S. subterranea* y su eficacia en impedir la propagación de la enfermedad desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos, a través del desarrollo del cultivo de papa del cultivar Desirée, evaluado al término del periodo del cultivo.

3.2.1 Tratamientos y duración de la investigación. El ensayo tuvo una duración de cuatro meses, comenzando con la plantación de los tubérculos en el mes de noviembre del 2004, hasta el momento de la cosecha la primera semana de abril de 2005. En esta investigación se realizaron cinco tratamientos (Cuadro 2), descritos a continuación.

3.2.1.1 Tratamiento 1. Presentó semilla sana (certificada 2), sin la aplicación de la mezcla de los fungicidas. Este tratamiento es el testigo sano (sin inóculo).

3.2.1.2 Tratamiento 2. Semilla sana (certificada 2), semilla que no presenta el patógeno (*Spongospora subterranea*), con una dosis de la mezcla de los fungicidas (0,8 L fluazinam - 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa). Este tratamiento tiene como objetivo apreciar como actúa la mezcla de fungicidas sobre tubérculos sanos, de esta forma visualizar mediante su crecimiento, desarrollo y producción, que daño pudiera producir al vegetal algún ingrediente químico que posea la mezcla de productos. Esto mediante la apreciación visual en comparación con el tratamiento testigo.

3.2.1.3 Tratamiento 3. Semilla infectada en forma natural con *Spongospora subterranea*, pero sin la aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam). Éste corresponde al testigo enfermo (con inóculo).

3.2.1.4 Tratamiento 4. Semilla infectada en forma natural con *Spongospora subterranea* con la aplicación de la mezcla de fungicidas, en dosis de 0,4 L fluazinam -1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa.

3.2.1.5 Tratamiento 5. Semilla infectada en forma natural con *Spongospora subterranea* con la aplicación de la mezcla de los fungicidas, en una dosis mayor del fungicida fluazinam en comparación con el tratamiento anterior (0,8 L fluazinam -1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa).

CUADRO 2 Descripción de los cinco tratamientos realizados en el ensayo.

Tratamientos	Descripción
1	Semilla sana (C 2) sin patógeno y sin producto (testigo sano)
2	Semilla sana (C 2) sin patógeno y con producto; (0,8 L fluazinam 1L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa)*
3	Semilla enferma con patógeno y sin producto (testigo enfermo)
4	Semilla enferma, con patógeno y con producto; (0,4 L fluazinam- 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa)*
5	Semilla enferma, con patógeno y con producto; (0,8 L fluazinam 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa)*

* Producto Comercial.

3.2.2 Preparación del sustrato. La preparación del suelo para este ensayo comenzó a partir del mes de octubre; recolectándose suelo desde el predio Santa Rosa, ubicado a la salida norte de la ciudad de Valdivia.

La recolección del suelo se realizó eliminando cubierta vegetal y extrayendo luego los primeros 20 centímetros de suelo. Una vez recolectado, se eliminaron los restos de palos, piedras, raíces, etc. Seguido a esto se acumuló

una cierta cantidad de suelo, la que se mezcló con arena. La proporción fue de 4:1, por ejemplo, 4 paladas de tierra y 1 palada de arena o su equivalente en sacos, luego se esterilizó mediante la utilización de bromuro de metilo. Cabe indicar que se utilizó este producto debido a la gran cantidad de suelo a esterilizar. Para el uso del bromuro de metilo se tomaron todas las medidas precautorias y de resguardo que dicho producto amerita, debido a su alta toxicidad.

Para la aplicación del bromuro de metilo, el suelo fue cubierto con un polietileno grueso de color negro, y en su interior se encontraba una bombona de bromuro de metilo, el plástico se selló doblando en repetidas veces los bordes y aplicando peso en las orillas para impedir la salida del producto. Finalmente mediante un método artesanal se rompió la bombona conteniendo el bromuro de metilo, golpeando un madero que contenía un clavo y un tarro de conserva, cuando esta dentro del polietileno se golpea con un martillo y de esa forma se expande el producto por todo el suelo.

Se mantuvo el suelo durante 72 h en ese estado para después abrir el plástico y ventilar el sustrato por dos días antes de proceder con la plantación. Después de realizado este proceso, se procedió a llenar los maceteros.

Como macetas se utilizaron bolsas plásticas de color negro, las cuales, se llenaron con 10 kg de suelo cada una, de esta manera quedaron en condiciones para plantar los tubérculos-semilla. Antes de proceder con la plantación de los tubérculos se realizó un análisis de suelo (Cuadro 3).

CUADRO 3 Análisis del suelo.

Fecha: 10/11/2004		
pH en agua (1:2,5)		5,8
pH CaCl ₂ (1:2,5)		5,3
Materia orgánica	(%)	15,0
N-Mineral (N-NO ₃ -NH ₄)	(mg/kg)	92,4
Fósforo Olsen	(mg/kg)	9,4
Potasio intercambiable	(mg/kg)	160
Sodio intercambiable	(cmol+/kg)	0,13
Calcio intercambiable	(cmol+/kg)	2,35
Magnesio intercambiable	(cmol+/kg)	0,69
Suma de bases	(cmol+/kg)	3,58
Aluminio intercambiable	(cmol+/kg)	0,05
CICE	(cmol+/kg)	3,63
Saturación de Al	(%)	1,4

FUENTE: LABORATORIO DE INGENIERIA AGRARIA Y SUELOS, UACH
(2004).

3.2.3 Desarrollo del ensayo. El ensayo consistió en la plantación de tubérculos de papas en maceteros individuales (un tubérculo por macetero), comenzando con la selección de los tubérculos del cultivar Desirée, tanto los tubérculos sanos como los enfermos, formando cinco grupos para cada tratamiento; para los tubérculos enfermos el grado de infestación fue determinado por una escala de valoración de la presencia visible de la enfermedad (Cuadro 4). De esta escala se utilizó tubérculos con valores 3 y 4, para asegurar la presencia de la enfermedad.

La aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil-mefenoxam), se realizó antes de la plantación a través de una maflex (máquina que posee una mesa transportadora en la cual se esparce el producto); los

tubérculos se pesaron para que la aplicación del fungicida fuera en la cantidad adecuada de éste. Posterior a esto, los tubérculos estaban en condiciones de ser plantados. Sólo a los tratamientos 1 y 3 no se les aplicó fungicida, debido a que son los tratamientos testigos sano y enfermo respectivamente. La duración del cultivo fue de 120 días, debido al ciclo del cultivar (Desirée). Durante su desarrollo, se realizaron aplicaciones de solución nutritiva (Hoagland), las que se llevaron a cabo a partir de la segunda semana post-plantación.

3.2.4 Riego. Se mantuvo un riego constante, para dar las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, que son: temperaturas bajas y una alta humedad. La aplicación de agua se realizó con aspersores y con manguera; manteniendo la humedad necesaria en las macetas, logrando siempre un permanente estado de humedad. Además, cabe señalar que durante los meses de enero y febrero el riego se realizó diariamente.

3.2.5 Cosecha. La cosecha de las plantas de papa se realizó al término de su ciclo. La fecha de cosecha fue la primera semana de abril, cuatro meses posteriores a la siembra. Ésta se realizó sacando el sustrato de las macetas, de manera de ir disgregando el suelo y, a su vez, se fueron liberando las raíces y tubérculos; una vez obtenidas las plantas, sus raíces y los tubérculos se procedieron a evaluar y medir los parámetros seleccionados, los que a continuación se especificarán; realizado esto, se procedió a colocar las plantas en bolsas de papel debidamente identificadas.

CUADRO 4 Escala para la valoración de la incidencia y severidad de la sarna polvorienta manifestada en tubérculos y raíces.

Valor	Incidencia y severidad en tubérculos y raíces
0	Los tubérculos y raíces no presentan ninguna manifestación de la enfermedad (lesiones o agallas).
1	De un 75-95% sin síntomas en tubérculos, en el resto pueden aparecer lesiones superficiales. Raíces con poca presencia de agallas, agallas de pequeño tamaño o desarrollo.
2	El área afectada por tubérculo no excede el 50% de la superficie. Presenta lesiones superficiales. En raíces presenta agallas poco desarrolladas.
3	Existen lesiones individuales o unidas, afectando más del 50% de la superficie de los tubérculos, con lesiones superficiales y profundas y un gran porcentaje de la superficie se ve afectada. Las raíces presentan agallas desarrolladas.
4	Sobre un 75% de los tubérculos con síntomas; lesiones unidas, profundas que se unen formando y abarcando la mayor parte de la superficie. Las raíces presentan agallas bien desarrolladas.

FUENTE: Adaptado de PUSHIMANO y SHERWOOD, (2002).

3.3 Parámetros a evaluar.

En el ensayo se evaluaron los siguientes parámetros:

3.3.1 Emergencia de las plantas. Se tomaron datos del porcentaje de emergencia de las plantas de todos los tratamientos, de esta forma, se analizó si existe relación entre la emergencia y la enfermedad. Esta evaluación se llevó a cabo en dos momentos del desarrollo del cultivo a los 30 y 60 días después de la plantación.

3.3.2 Apreciación de la enfermedad en tubérculos. Este aspecto de la apreciación se llevó a cabo mediante la observación visual de todos los tubérculos cosechados, clasificando de acuerdo a la presencia o ausencia de síntomas de la enfermedad. Se registró la cantidad de tubérculos afectados por planta, de esta forma se analizó la incidencia de la enfermedad. La evaluación se determinó mediante la escala para la valoración de la sarna polvorienta (Cuadro 4).

3.3.3 Apreciación de la enfermedad en raíces. Al igual que el punto anterior, la apreciación de las raíces se llevó a cabo mediante la observación visual de todos los raíces al momento de la cosecha, clasificando de acuerdo a la presencia o ausencia de síntomas de la enfermedad (agallas). Se registró la cantidad de raíces afectadas por planta, de esta forma se analizó la incidencia de la enfermedad. La evaluación de esta se determinó, mediante la escala para la valoración de la sarna polvorienta (Cuadro 4).

3.3.4 Altura de plantas. Se hicieron mediciones de altura, en cada una de las plantas al momento de la cosecha. Para tal efecto se usó una huincha de medir graduada en centímetros, se midió la planta desde la base del cuello, hasta el extremo de la hoja de mayor longitud, que sea representativa de la planta.

3.3.5 Número de tallos. Se contó el número de tallos por planta. Este parámetro se realizó después de efectuada la cosecha y se obtuvo contando el número de tallos de cada una de las plantas cosechadas.

3.3.6 Peso fresco del follaje. Se pesó el material verde de cada planta, desde la base del cuello, hasta el extremo de las hojas.

3.3.7 Número de tubérculos. Se contó el número de tubérculos por planta en cada macetero, y así, obtener un promedio de los tubérculos por planta de cada tratamiento.

3.3.8 Peso de tubérculos. Se pesó los tubérculos por planta en una balanza digital, para determinar la producción de cada tratamiento.

3.3.9 Peso de la raíz. Se pesó las raíces por planta en una balanza digital, correspondiendo a aquel material que va desde el lugar de unión de la raíz con el cuello de la planta, hasta el extremo distal de la raíz.

3.3.10 Largo de raíz. Se tomaron mediciones del largo de las raíces de cada una de las plantas, después de la cosecha. Estas mediciones se realizaron desde el lugar de unión de la raíz con el cuello de la planta, hasta el extremo distal de la raíz.

3.3.11 Efecto de la mezcla de los fungicidas (fluazinam-fludioxonil+mefenoxam) en tubérculos sanos y en el desarrollo posterior de la planta (Fitotoxicidad). Este efecto en tubérculos y en la planta, se analizó en el tratamiento 2 (Semilla sana, sin el patógeno (*S. subterranea*), con una dosis de 0,8 L fluazinam - 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa). Este tratamiento tuvo como objetivo evaluar un posible efecto de fitotoxicidad de la mezcla de fungicidas sobre tubérculos sanos, esto se realizó mediante la

observación visual en comparación con el tratamiento testigo sano y revisando el estado de la planta para así determinar diferencias en el desarrollo de estas.

Se comparó su crecimiento, desarrollo y producción, y se observó si la acción de algún ingrediente químico que se encontrara en la mezcla de productos produjera algún cambio a la planta.

3.4 Diseño experimental.

Para medir la respuesta de la propagación de la enfermedad y de las plantas en las macetas, se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y 100 repeticiones por tratamiento (500 repeticiones para el ensayo), cada repetición correspondió a una maceta. En los resultados se consideró la respuesta a los distintos tipos de tratamientos.

3.4.1 Análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a un análisis de normalidad estadística. Las desviaciones normales fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA). Estos estudios estadísticos (homogeneidad y análisis de varianza) se realizaron mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5,1. Al encontrar diferencias significativas o altamente significativas, se realizó la prueba de rango múltiple Tukey al 5%.

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se entregan los antecedentes relacionados con la información obtenida en el trabajo, cuyas características se presentaron en la sección de Material y Método.

Los datos obtenidos y procesados se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7; en el Cuadro 5, se presenta el porcentaje de plantas emergidas a los 30 y 60 días después de la plantación en los diferentes tratamientos analizados; el Cuadro 6, muestra la nota de apreciación de la incidencia de sarna polvorienta sobre tubérculos y raíces al momento de la cosecha. El Cuadro 7, entrega los resultados de las mediciones de los diferentes parámetros analizados durante la cosecha sobre plantas de papa *S. tuberosum* L. sometidos a distintos tratamientos.

De esta manera, se señala a continuación, en forma separada y detallada, los factores y parámetros que se midieron y analizaron, para responder los objetivos señalados al comienzo de la investigación.

4.1 Emergencia de las plantas.

Para esta variable se consideraron dos evaluaciones, la primera que se realizó 30 días después de la plantación y luego a los 60 días. Como se señaló anteriormente, el Cuadro 5 da a conocer el porcentaje de las plantas emergidas durante las evaluaciones después de la plantación en los diferentes tratamientos analizados. En este cuadro se observaron diferencias en la emergencia a los 30 días entre los tratamientos, las cuales, desaparecen a los 60 días.

CUADRO 5 Porcentaje de plantas emergidas a los 30 y 60 días después de la plantación en los diferentes tratamientos analizados.

Tratamientos					
	T1 Tubérculos sanos Dosis 0	T2 Tubérculos sanos Dosis 2	T3 Tubérculos enfermos Dosis 0	T4 Tubérculos enfermos Dosis 1	T5 Tubérculos enfermos Dosis 2
Porcentaje pl. emergidas (%)					
30 d. post-plantac.	99a	99a	93ab	86b	85b
60 d. post-plantac.	99a	99a	97a	96a	96a

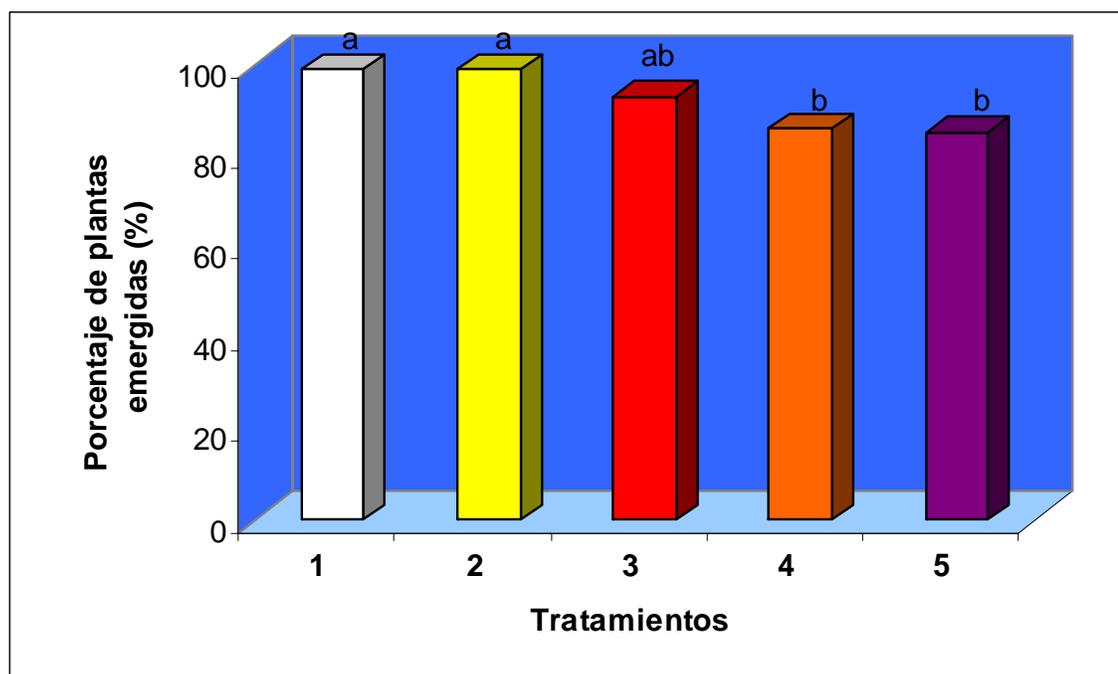
* Letras distintas en la misma fila indican que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

En la Figura 4 se presentan graficados el porcentaje de emergencia de las plantas de los diferentes tratamientos, se puede observar que existen diferencias significativas en el parámetro medido durante la primera evaluación, es decir, a los 30 días después de la plantación. Los tratamientos que utilizaron tubérculos-semilla sanos (1 y 2) tienen como resultado una emergencia más rápida en relación a los tratamientos que usaron tubérculos enfermos con *S. subterranea* y la mezcla de fungicidas.

Se aprecia una relación entre la manifestación de la enfermedad en el tubérculo-semilla y la emergencia de las plantas. Es decir, la ausencia de la enfermedad favorece un mayor porcentaje de emergencia temprana de las plantas, pero ella no fue siempre estadísticamente diferente. Se observa además que los tratamientos con tubérculos enfermos con la aplicación del

producto (4 y 5) tuvieron un retraso mayor en la emergencia que los demás tratamientos, incluso mayor que el testigo enfermo; pese a esto posteriormente los resultados dan a conocer que estos tratamientos retrasados en un comienzo, logran recuperarse y no presentan diferencias estadísticamente diferentes con los tubérculos sanos con o sin la aplicación de la mezcla de fungicidas.

Este retraso podría deberse a que la acción del producto afecte la respiración y producción de energía en las células vegetales, tal como lo hace en hongos, aunque en una menor cuantía.



Letras distintas indican diferencia significativas al 5% Tukey.

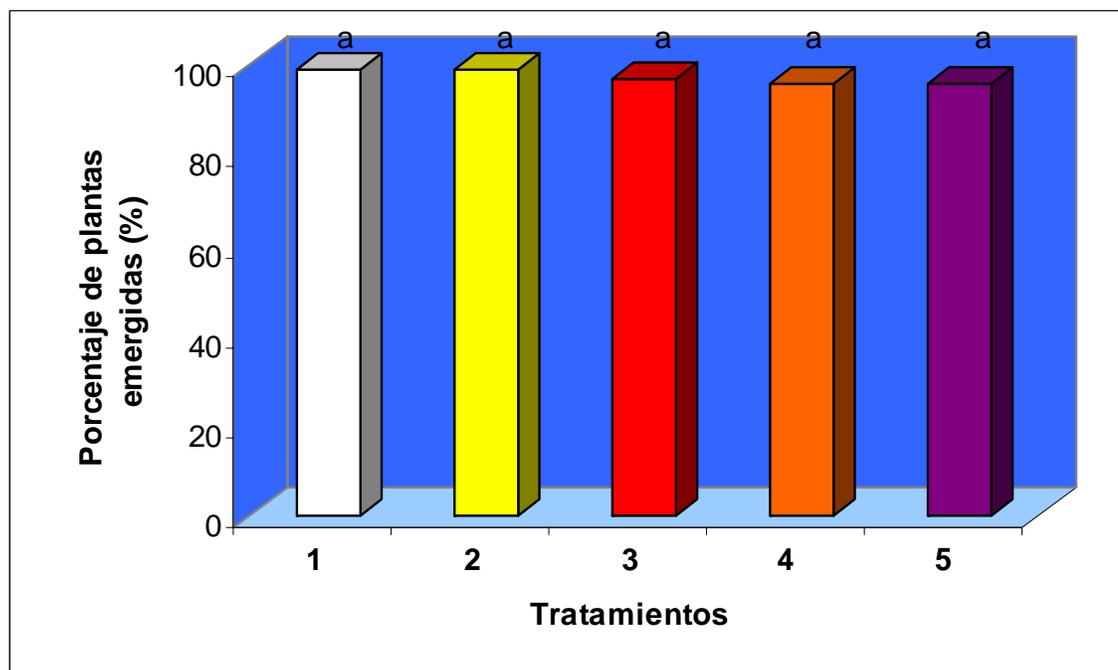
FIGURA 4 Incidencia de *S. subterranea* sobre el porcentaje de plantas emergidas a los 30 días después de la plantación.

Otra causa pudiera estar, en que las condiciones de plantación en el sur de Chile, como bajas temperaturas y alta humedad del suelo, pudieran

exacerbar los problemas fitosanitarios afectándose la emisión de los primeros tallos. ALONSO (1996), señala que la conjunción de dos factores como son alta humedad del suelo y bajas temperaturas no solo retrasa la emergencia de la planta sino que favorece el desarrollo de problemas fitosanitarios.

Otro aspecto es el tiempo que transcurre entre la plantación y la emergencia que es muy variable, dependiendo entre otras cosas de la localidad, el clima y la época de plantación (FAIGUENBAUM, 1987).

Este efecto de los tratamientos es posible esperarlo, ya que, algunos tratamientos químicos usados causan fitotoxicidad, causando reducciones en la aparición de la planta y/o la reducción de los números de tubérculos producidos (BRAITHWAITE *et al.*, 1994).



Letras distintas indican diferencia significativas al 5% Tukey.

FIGURA 5 Incidencia de *S. subterranea* sobre el porcentaje de plantas emergidas a los 60 días después de la plantación.

En la Figura 5 se presentan los porcentajes de plantas emergidas a los 60 días después de la plantación, se puede observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Esto indica que la utilización de tratamientos con tubérculos sanos no presenta ningún efecto en el porcentaje de plantas emergidas a los 60 días post-plantación, en relación a los tratamientos que usaron tubérculos enfermos. Esto debido probablemente a que la planta al perder tallos, por efectos fitotóxicos o de la enfermedad, vuelve a producirlos.

De acuerdo a estos resultados se puede señalar que el utilizar tubérculos sanos favorece el porcentaje de plantas emergidas a los 30 días después de la plantación, teniendo como resultado una emergencia más rápida de las plantas al no utilizar tubérculos-semilla con el patógeno. Por otra parte, este efecto no se observó en el porcentaje de plantas emergidas a los 60 días post-plantación; ya que, el tubérculo en base a sus reservas debió producir nuevos tallos, lo que permitió estabilizar el número de plantas emergidas pero con un costo para esta. Debido a que los tubérculos pueden producir numerosos tallos algunos pueden ser inhibidos.

CUADRO 6 Nota de apreciación de la incidencia de sarna polvorienta sobre tubérculos y raíces al momento de la cosecha.

Tratamientos					
	T1 Tubérculos sanos Dosis 0	T2 Tubérculos sanos Dosis 2	T3 Tubérculos enfermos Dosis 0	T4 Tubérculos enfermos Dosis 1	T5 Tubérculos enfermos Dosis 2
Incidencia de la enfermedad					
En tubérculos hijos	0,0a	0,0a	0,63b	0,11a	0,07a
En raíces	0,0a	0,0a	0,8b	0,5b	0,14a

* Letras distintas en la misma fila indican que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

4.2 Incidencia de la enfermedad en tubérculos hijos y en raíces.

Se debe señalar que se efectuó un análisis a todos los tubérculos y raíces de las plantas de los cinco tratamientos realizados, para determinar si la aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) afecta la propagación de la enfermedad desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos. MILLER *et al.* (2004) indica que la semilla infectada, no el suelo, es la fuente primaria de infección de tubérculos hijos en el campo.

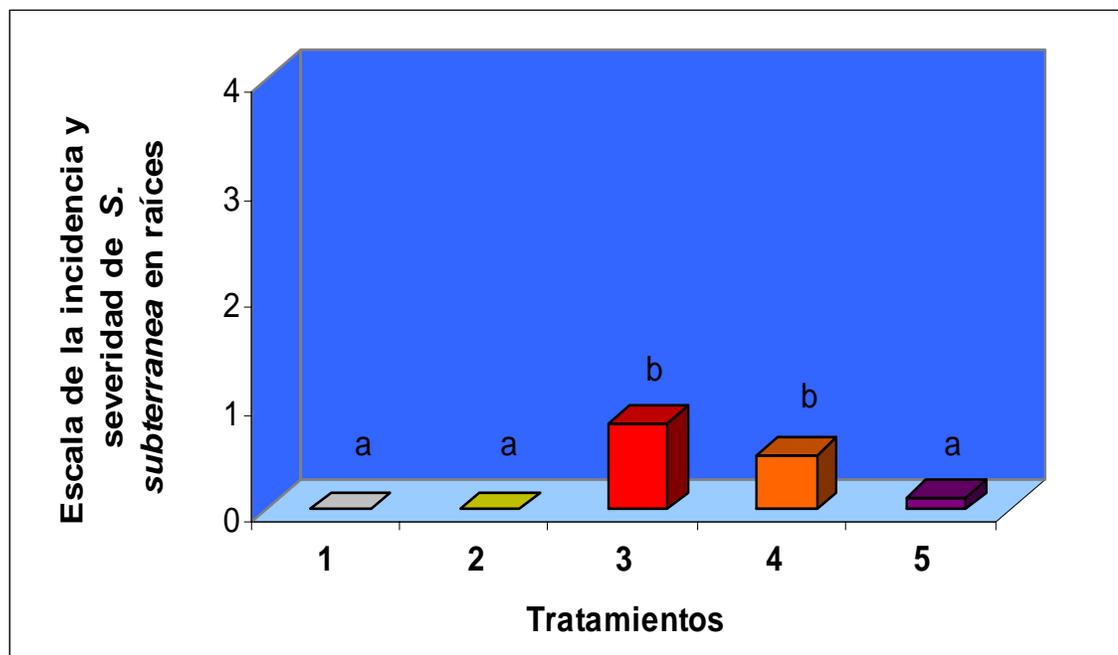
Después de producida la infección la incidencia del patógeno se incrementa durante la estación de crecimiento, solo si las condiciones ambientales son favorables (Van de Craaf *et al.*, 2005 citado por BERROCAL, 2006).

4.2.1 En tubérculos hijos. Los resultados confirman la importancia del tubérculo madre en la infección de los tubérculos hijos. De acuerdo a los datos obtenidos y a la clasificación usada, se determinó que aquellos tratamientos que utilizaron tubérculos sanos y los tubérculos enfermos, con aplicación de la mezcla de los fungicidas, no presentaron diferencias significativas (Figura 6); es decir, los tratamientos 1 y 2 que utilizaron tubérculos sanos y los dos siguientes que utilizaron tubérculos enfermos con la aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam en ambas dosis), no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Los tratamientos con la aplicación de la mezcla de fungicidas redujeron significativamente la incidencia de la enfermedad a nivel de tubérculos. Al emplear las dos dosis se observó un efecto de estas. BRAITHWAITE *et al.* (1994), demostró que una gama de fungicidas de diferentes grupos químicos aplicados al plantar tubérculos de papas infectados por *S. subterranea*, reducen bastante la severidad de la enfermedad y la incidencia en la cosecha; en las sustancias químicas se encontraba piridinamina (fluazinam) siendo eficaces en la reducción de esta enfermedad. Pero ninguna de las sustancias químicas completamente controló la enfermedad, en este aspecto si se obtuvo un control probablemente debido a la acción combinada de ambos fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam).

De igual manera FALLOON y WALLACE (1996), señalan que tratando tubérculos de semilla infectados por sarna polvorienta con fluazinam, mancozeb, dichlorophen-Na, dichlofluanid, o una mezcla de fluazinam + mancozeb antes de la plantación se reduce la incidencia de sarna polvorienta en tubérculos cosechados. Todas estas sustancias químicas, excepto dichlofluanid, aumentaron la producción.

Además, MILLER *et al.* (2004) encontraron que el otro componente de esta mezcla de fungicidas (fludioxonil), en tratamiento de semilla reduce considerablemente la incidencia y severidad de la enfermedad comparado al control no tratado. Sin embargo, se carecen de antecedentes del efecto de ambos fungicidas mezclados.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 6 Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la enfermedad (*S. subterranea*) en los tubérculos, al momento de la cosecha.

En el caso del tratamiento tres, que utilizó material enfermo sin el uso de la mezcla de fungicidas, presentó una diferencia significativa en comparación a todos los demás tratamientos. Este aumento de lesiones en tubérculos (Figura 7) puede además facilitar el ingreso de organismos, como el causante del tizón tardío o de otros patógenos de heridas (HOOKER, 1981).

Los dos tratamientos con la aplicación de la mezcla de fungicidas (4 y 5), redujeron la propagación de la enfermedad a los tubérculos hijos, esto muestra el efecto protector del producto sobre la enfermedad, al poder apreciar la similitud estadística con aquellos tratamientos que utilizaron material sano. En consecuencia se puede afirmar que la utilización de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en ambas dosis, aplicado al material enfermo con *S. subterranea*, presenta una diferencia notable en la apreciación visual de la enfermedad en tubérculos comparada con el tratamiento con tubérculos infestados por *S. subterranea* sin la aplicación de la mezcla de fungicidas.

Al igual que MILLER (2001), los resultados confirman que fluazinam ha mostrado alguna eficacia en reducir la sarna polvorienta en el tubérculo. Pero ha sido observado fitotoxicidad en el uso con tubérculos. La incorporación al suelo es probablemente el mejor modo de aplicación.

Experimentos de invernadero sobre los efectos de la humedad del suelo en el desarrollo de la enfermedad, y una prueba en terreno para determinar los efectos de la severidad de sarna polvorienta en tubérculos-semilla sobre la progenie, entregan que la evaluación de la severidad de la sarna polvorienta en líneas de tubérculo-semilla de papas podría ser usada para identificar líneas que probablemente puedan transmitir la enfermedad a cosechas subsecuentes, o aquellos que deberían ser tratados con sustancias químicas para prevenir la transmisión de la enfermedad (WASTIE *et al.*, 1988; QU *et al.*, 2006 y FALLOON *et al.*, 1995).

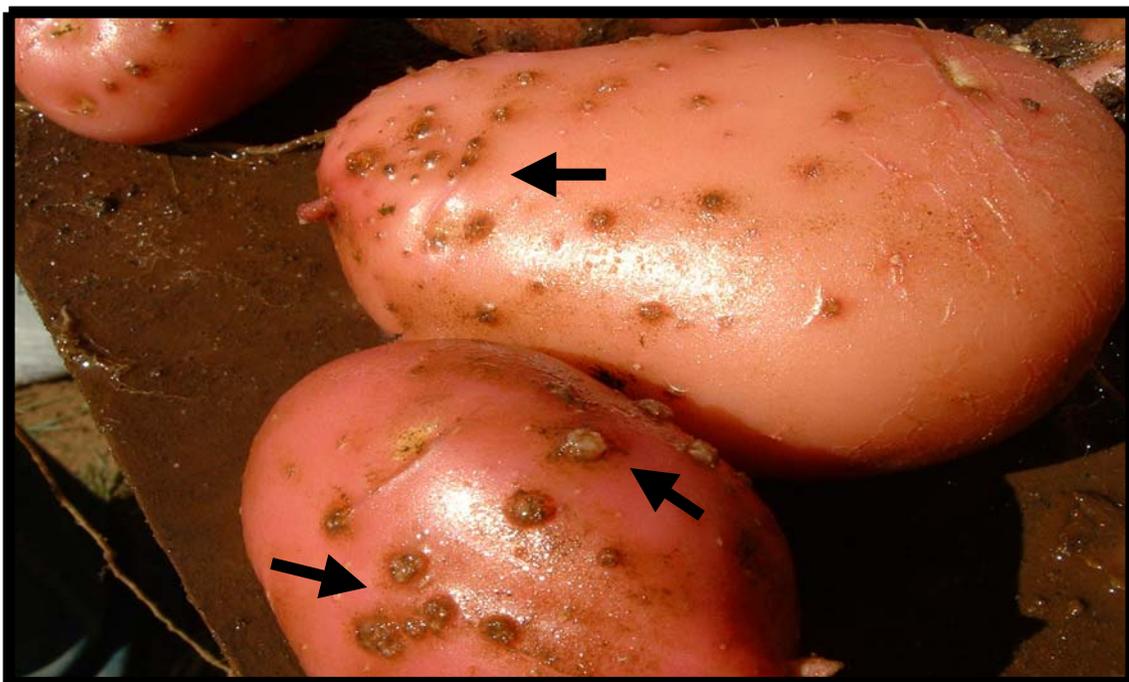


FIGURA 7 Lesiones en la piel de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L., síntomas de *S. subterranea* en tubérculos hijos.

FUENTE: LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA (UACH) (2005).

La incidencia de la enfermedad causada por *S. subterranea* decrece en los tubérculos hijos de los tratamientos tratados con la mezcla de fungicidas. El empleo de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en sus dos dosis probadas, redujo la propagación de sarna polvorienta desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos.

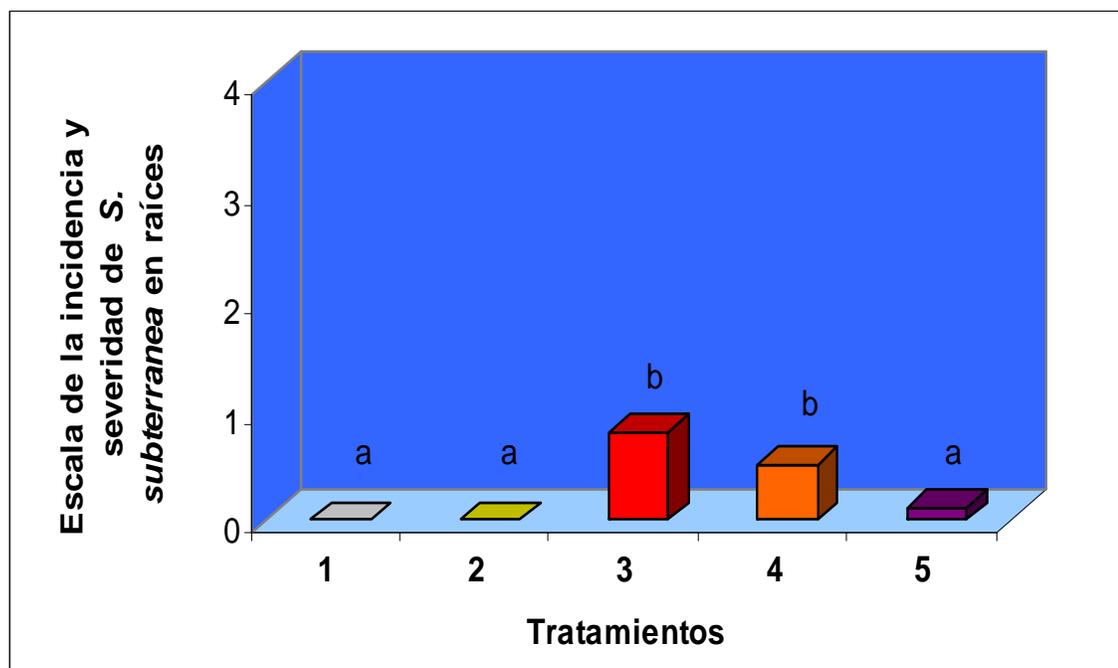
Se observa que existen diferencias significativas entre tubérculos enfermos y tubérculos sanos con la aplicación de la mezcla de fungicidas, esto indica que la aplicación del producto influyó en la cantidad de tubérculos sanos al momento de la cosecha. Los valores indicaron que al utilizar tubérculos enfermos sin la aplicación de producto se obtuvo un porcentaje mayor de incidencia de la enfermedad, un 35% mayor, sobre los tratamientos 4

y 5 que de igual forma utilizaron tubérculos enfermos pero tuvieron la aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam).

4.2.2 En raíces. Esta evaluación se realizó mediante la calificación otorgada a las raíces durante el análisis, en busca de agallas o formaciones que insinúen la enfermedad. En la Figura 8, se aprecia que los tratamientos que utilizaron tubérculos sanos (1 y 2) y el tratamiento 5 que utilizó material enfermo con la aplicación de la mezcla de los fungicidas en su dosis más alta (0,8 L fluazinam y 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa) no tuvieron diferencias significativas entre ellos. No así, los tratamientos 3 y 4 (testigo enfermo sin mezcla de producto y tratamiento 4 con material enfermo y con la mezcla de los fungicidas en su dosis menor (0,4 L fluazinam y 1 L fludioxonil+mefenoxam / 1 t papa) respectivamente) que en comparación con los anteriores si demostraron diferencias estadísticamente significativas.

El tratamiento 4 con una menor dosis del producto fluazinam, presentó una diferencia significativa en la apreciación de la enfermedad en las raíces de las plantas analizadas, en comparación con el tratamiento testigo sano y el tratamiento 5 con una dosis mayor del producto fluazinam (0,8 L).

FALLOON *et al.* (2004), indican que los efectos dañinos de *S. subterranea* en la infección de la raíz sobre el crecimiento de la planta son probablemente debido a la interrupción de la función de las células en la raíz, particularmente en pelos radicales, por efectos adversos sobre la selectividad de la membrana. HOOKER (1981), señala que este efecto sobre las raíces no solo es cosmético, las agallas que se forman en las raíces pueden ser tan graves como para provocar la marchitez y muerte de la planta.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 8 Evaluación sobre la incidencia de la enfermedad (*S. subterranea*) en raíces de plantas de papa, al momento de la cosecha, de los tratamientos analizados.

Luego de la plantación, y cuando el brote progresa, las agallas se tornan más visibles (Figura 9). Al comienzo poseen un color blanco y posteriormente se oscurecen (CALDERONI, 1978). De igual forma el CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP) (1983) señala que en las raíces se pueden formar agallas de hasta 15 milímetros. Cuando son muchas, reducen el vigor de la planta. El color de las agallas, cuando son de formación reciente, es similar al color de una raíz normal, posteriormente a medida que van desintegrando las agallas, el color se oscurece rápidamente.

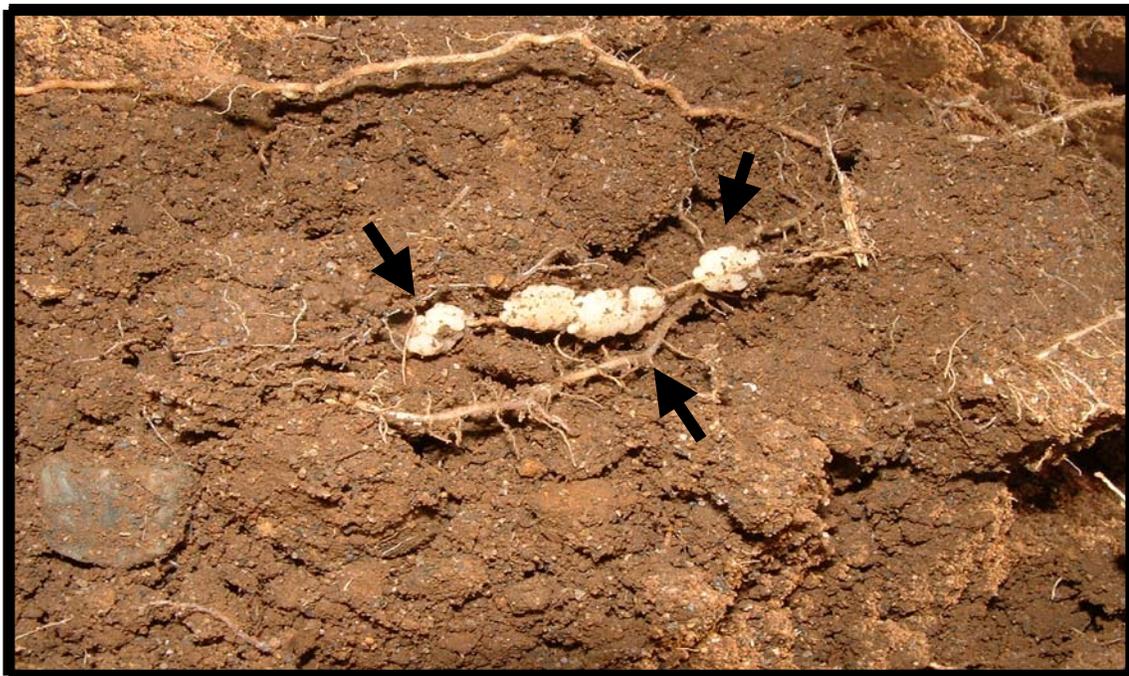


FIGURA 9 Agallas en raíces de plantas de papa *S. tuberosum*, síntomas de *S. subterranea*.

FUENTE: LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA (UACH) (2005).

Se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos que utilizaron tubérculos enfermos. Los datos señalan que la incidencia de la enfermedad causada por *S. subterranea* se reduce solo en las raíces del tratamiento 5, tratado con la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en su dosis mayor de fluazinam (0,8 L). Esto indica que la aplicación del producto influyó en la cantidad de raíces sanas al momento de la cosecha.

Los valores indicaron que al utilizar tubérculos enfermos sin la aplicación de producto obtuvo un porcentaje mayor de incidencia de la enfermedad en las raíces, un 30% mayor, sobre el tratamientos 5 que de igual forma utilizaron tubérculos enfermos pero tuvo la aplicación de la mezcla de fungicidas

(fluazinam en su dosis mayor y fludioxonil+mefenoxam); el tratamiento 4 logró un 13% de mayor incidencia de la enfermedad en raíces que el tratamiento 5.

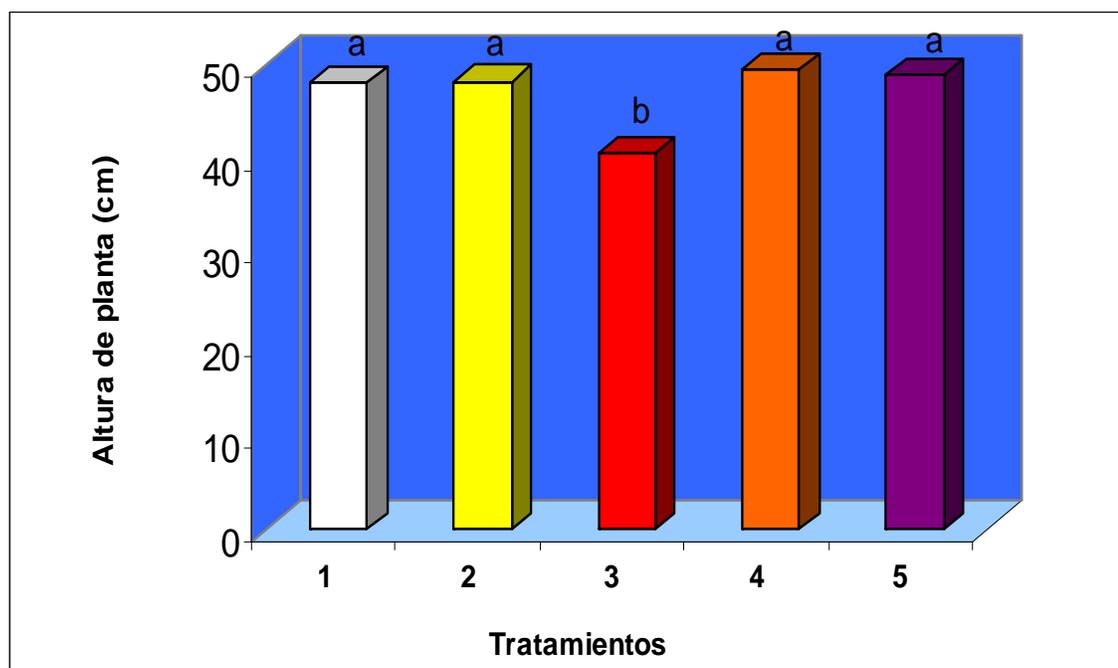
CUADRO 7 Resultados de las diferentes mediciones realizadas a los parámetros en análisis, durante la cosecha sobre plantas de papa *Solanum tuberosum* L., de los distintos tratamientos.

Tratamientos					
	T1 Tubérculos sanos Dosis 0	T2 Tubérculos sanos Dosis 2	T3 Tubérculos enfermos Dosis 0	T4 Tubérculos enfermos Dosis 1	T5 Tubérculos enfermos Dosis 2
Parámetros					
Altura de planta (cm)	48,05a	48,18a	40,44b	49,45a	48,82a
Números de Tallos	4,9a	3,95b	3,07c	3,7bc	3,55bc
Peso follaje (g)	96,17a	90,52a	26,42b	91,42a	89,34a
Número de tubérculos	8,87a	9,24a	8,81a	7,34b	7,78b
Peso de tubérculos (g)	540,2a	531,2a	379,6b	516,1a	480,7a
Peso de raíz (g)	29,6a	29,8a	9,9b	27,6a	27,04a
Largo raíz (cm)	41,1b	40,6b	29,6c	43,82a	40,2b

* Letras iguales en la misma fila indican que los tratamientos son estadísticamente iguales.

4.3 Altura de planta.

Este parámetro se analizó en todas las plantas, como se observa en la Figura 10, encontrándose diferencias estadísticamente significativas, solo en el tratamiento 3 (tubérculos enfermos sin la mezcla de fungicidas). Teniendo en cuenta que los tratamientos 4 y 5 también utilizaron tubérculos enfermos, pero con la aplicación de la mezcla de fungicidas, demuestran que la enfermedad transmitida por los tubérculos madre afectan el desarrollo de la planta en la altura y da a conocer la acción de la mezcla de fungicidas, en cualquiera de sus dosis, sobre la expresión en la planta. Estos resultados difieren con TORRES (2002), quien señala que esta enfermedad afecta raíces, estolones y tubérculos, pero no afecta al follaje.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 10 Altura promedio de las plantas de papa, medidas al momento de la cosecha en todos los tratamientos analizados.

Se puede señalar que la utilización de material enfermo al momento de la plantación muestra una reducción en el crecimiento de la planta, al utilizar tubérculos enfermos, pero con la aplicación de la mezcla de fungicidas, en ambas dosis, logró disminuir este efecto; otorgándole a la planta un desarrollo equilibrado al igual que los tratamientos que utilizaron tubérculos sanos.

4.4 Número de tallos por planta.

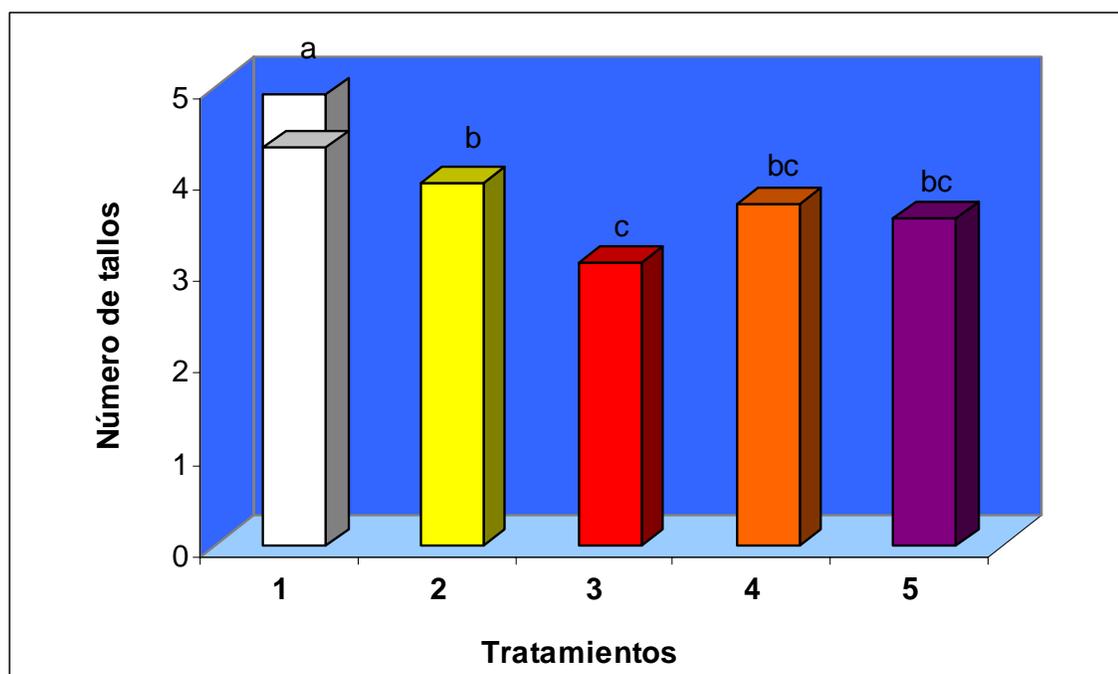
En la Figura 11, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas en el número total de tallos, al utilizar tubérculos-semilla sanos o enfermos en los tratamientos; el testigo sano sin la aplicación de la mezcla de fungicidas, presenta la mayor cantidad de tallos, seguido del tratamiento 2. Los tratamientos 4 y 5 no presentan diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos 2 y 3, pero si entre el tratamiento 2 y el 3 (testigo enfermo sin la aplicación de producto) es este último el que presenta la menor cantidad de tallos.

Un tubérculo madre puede desarrollar 1, 2, 3 o incluso más tallos y que el número de tallos esta influenciado principalmente por la edad fisiológica de la semilla, variedad, calibre, tipo de semilla utilizada (ALONSO, 1996). CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA INIA (1997), indica que los tubérculos de la cultivar Desireé presentan un promedio de 4 tallos por planta, situación muy similar a la observada en este ensayo.

En este caso se aprecia que la enfermedad afecta el número de tallos. Se observa un efecto claro de la enfermedad sobre el número de tallos por planta, al comparar los tratamientos en que se uso tubérculos sanos y tubérculos sanos con la mezcla de fungicidas y en menor grado los tubérculos enfermos. Estos resultados señalan que la sanidad de los tubérculos semilla al momento de la plantación tuvo un efecto en el número de tallos por planta. Al

contrario, SALAS (2005), señala que la presencia de la enfermedad en los tubérculos semilla no afecta el número de tallos por planta.

Se observó además que la acción de la mezcla de fungicidas produjo un efecto fitotóxico en el número de tallos, el tratamiento 2, que utilizó material sano pero con la aplicación de la mezcla de fungicidas, con la dosis mayor de fluazinam, presenta una diferencia estadísticamente significativa con el testigo sano. Esto debiera ser analizado con mayor profundidad, debido a que es importante estar en conocimiento de que ingrediente de la mezcla de fungicida podría haber producido este efecto sobre la formación de tallos, e inhibir la formación de ellos. Este efecto en el número de tallos pudo producir problemas, en algunos tallos, que no pudo ser compensado debido a la dominancia entre ellos.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

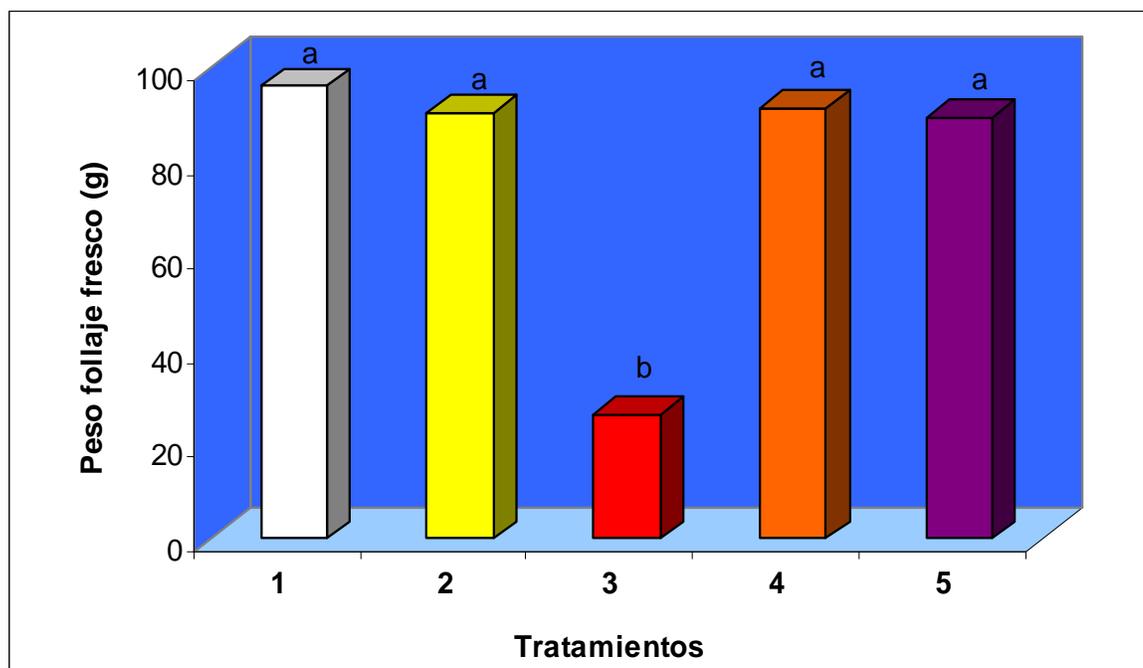
FIGURA 11 Promedio del número de tallos por planta de los distintos tratamientos.

Otros factores que influyen son la densidad de tallos que afecta el número de tubérculos, el tamaño tubérculos y la tasa de multiplicación (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP), 1988). Se puede apreciar claramente que a medida que se incrementa el número de tallos, se incrementa el número de tubérculos por planta, disminuye el peso promedio de los tubérculos y aumentan los rendimientos (POZO, 1997).

4.5 Peso fresco del follaje.

El peso de follaje fresco al momento de la cosecha (Figura 12) muestra que los tratamientos 4 y 5 (tubérculos enfermos con la aplicación de la mezcla de fungicidas) presentan una masa foliar estadísticamente similar a los tratamientos en que se uso tubérculos libres de la enfermedad (testigo sano y tratamiento 2), se puede relacionar este hecho, con la aplicación de la mezcla de fungicidas, logrando de esta forma un efecto diferente en el desarrollo de las plantas, contrario a lo sucedido con el testigo enfermo, el cual no recibió ninguna aplicación de fungicidas. Esto se contrapone a lo que señalado por CIP. (1983) y TORRES (2002), que indican que en la parte aérea de la planta no hay, normalmente, indicios de la enfermedad.

En el caso en que se empleó tubérculos enfermos sin fungicidas, se redujo la masa foliar en un 72% en relación a los demás tratamientos. Esta menor producción de follaje verde produce entre otras cosas una menor captación de luz solar, lo que repercute en la fotosíntesis y en una menor productividad de la planta (BARCELÓ *et al.*, 2001), lo cual, se vio reflejado en un menor peso de los tubérculos en este experimento (Cuadro 7).



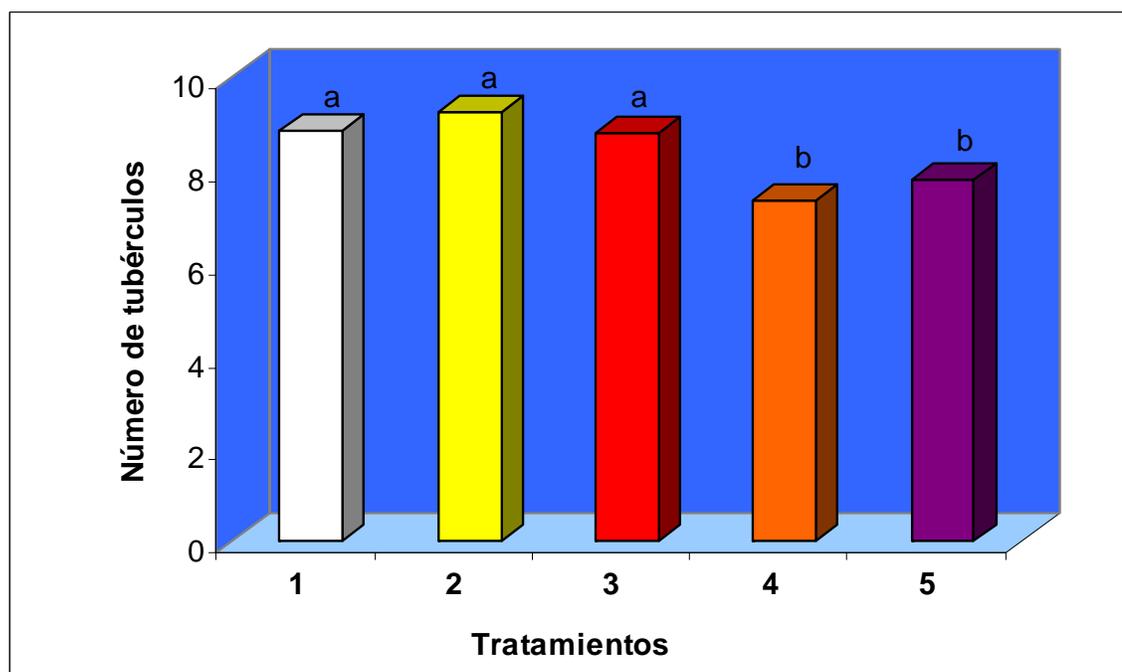
Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 12 Peso promedio del follaje en fresco, al momento de la cosecha, en todas las plantas de papa de los diferentes tratamientos realizados.

El hecho que no se presenten diferencias estadísticamente significativas en el peso fresco del follaje, pero si en el número de tallos (tratamientos 2, 4 y 5), indicaría que estos fueron capaces de compensar el menor número de tallos, produciendo tallos de mayor peso (POZO, 1997). Esta situación no se produjo en el tratamiento con tubérculos enfermos, en el cual, los tallos no solo no compensaron, sino que mostraron un menor desarrollo.

4.6 Número de tubérculos.

Además de ver la presencia de la enfermedad en los tubérculos se contó cuántos tubérculos por planta se obtuvieron. En la Figura 13, se observa que no existieron diferencias estadísticamente significativas en el número de tubérculos entre los tratamientos con tubérculos sanos y con tubérculos enfermos sin la aplicación del producto (testigo enfermo). Solo, los tratamientos 4 y 5 que utilizaron tubérculos enfermos, que fueron tratados con la mezcla de fungicidas, fueron los que presentaron el menor número de tubérculos por planta de entre todos los tratamientos, es decir, se redujo el número de tubérculos



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 13 Número de tubérculos por planta de acuerdo a cada tratamiento.

Esto podría deberse a que cuando existe una menor densidad de tallos, es decir, una menor competencia entre los tallos, se obtiene un número grande de tubérculos por tallo, pero se reduce el número de tubérculos por unidad de

área. Cuando por el contrario se aumenta la densidad de tallos disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta, generalmente, el número de tubérculos por unidad de área (POZO, 1997). Este efecto es mas claro en el tratamiento 3.

De acuerdo a FAIGUENBAUM (1987), al comenzar la etapa de tuberización se forma un gran número de pequeños tubérculos, pero sólo dos a cuatro por cada tallo principal prosiguen su crecimiento hasta lograr un tamaño comercial

FALLOON y WALLACE (1996), indican que los tratamientos químicos eficaces (fluazinam, mancozeb y dichlorophen-Na), no tenían ningún efecto sobre el número de tubérculos producidos, pero aumentaron la producción total, sugiriendo que el ataque severo por *S. subterranea* pueda haber afectado el crecimiento de la planta, número de tallos y el desarrollo de los tubérculos.

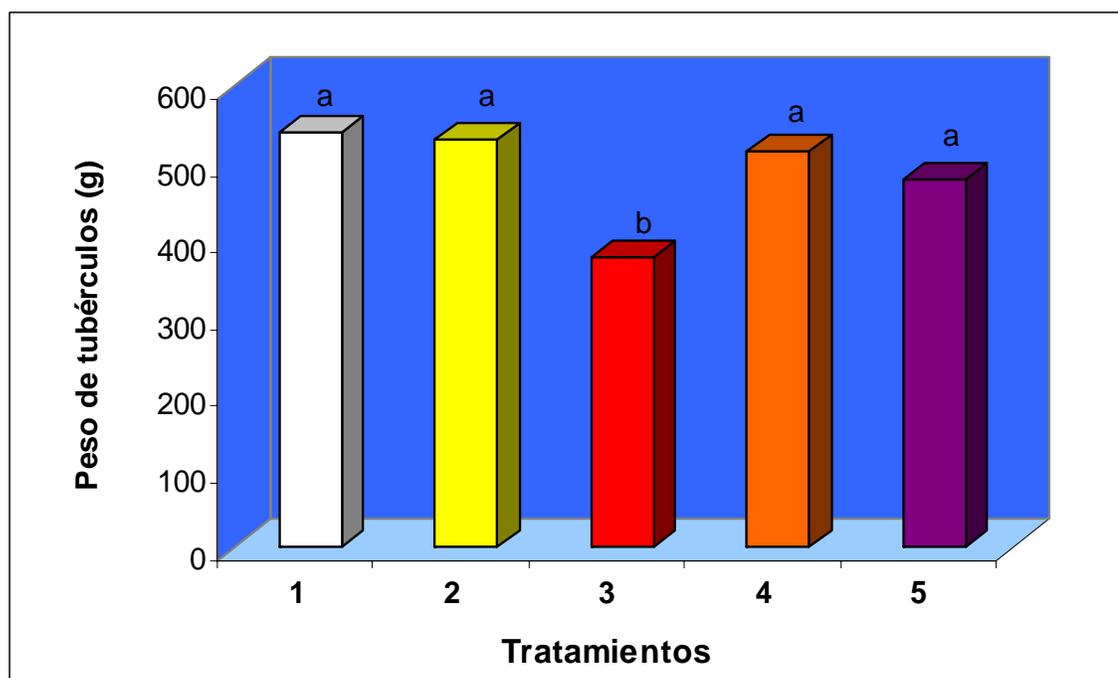
4.7 Peso de tubérculos por planta.

De acuerdo a lo analizado se observa en la Figura 14, que el promedio de los pesos de los tubérculos sanos (tratamientos 1 y 2) y los tubérculos de los tratamientos 4 y 5 que utilizaron material enfermo con la aplicación del producto, no tuvieron una diferencia significativa entre ellos, en relación al peso por planta de sus tubérculos.

Al contrario de lo anterior, el testigo enfermo, sí mostró una diferencia estadísticamente significativa en el peso de los tubérculos con los demás tratamientos. Según TORRES (2002), la sarna polvorienta es una enfermedad que afecta la calidad de los tubérculos, pero no los rendimientos. Esto no lo demuestran los resultados, debido a que el tratamiento tres sin la aplicación de la mezcla de fungicidas mostró una diferencia significativa en el rendimiento. JARAMILLO *et al.* (2004) indican que *S. subterranea* afecta los rendimientos y

la calidad de las papas, situación que coincide con lo observado en este ensayo.

Al respecto FALLOON y WALLACE (1996), señalan que los tratamientos en surco con fluazinam redujeron la incidencia de sarna polvorienta, y aumentaron la producción de tubérculos.



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 14 Peso de tubérculos por planta de los diferentes tratamientos.

Se puede señalar que la utilización de tubérculos semilla enfermos con la aplicación de la mezcla de fungicidas produjo un efecto sobre el rendimiento en relación a la utilización de tubérculos enfermos sin producto.

En cuanto a la relación entre rendimiento y cantidad de tubérculos por planta, se atribuye a que los tubérculos tienen un mayor desarrollo a pesar de la cantidad de tubérculos por planta; como se apreció en la Figura 12, los

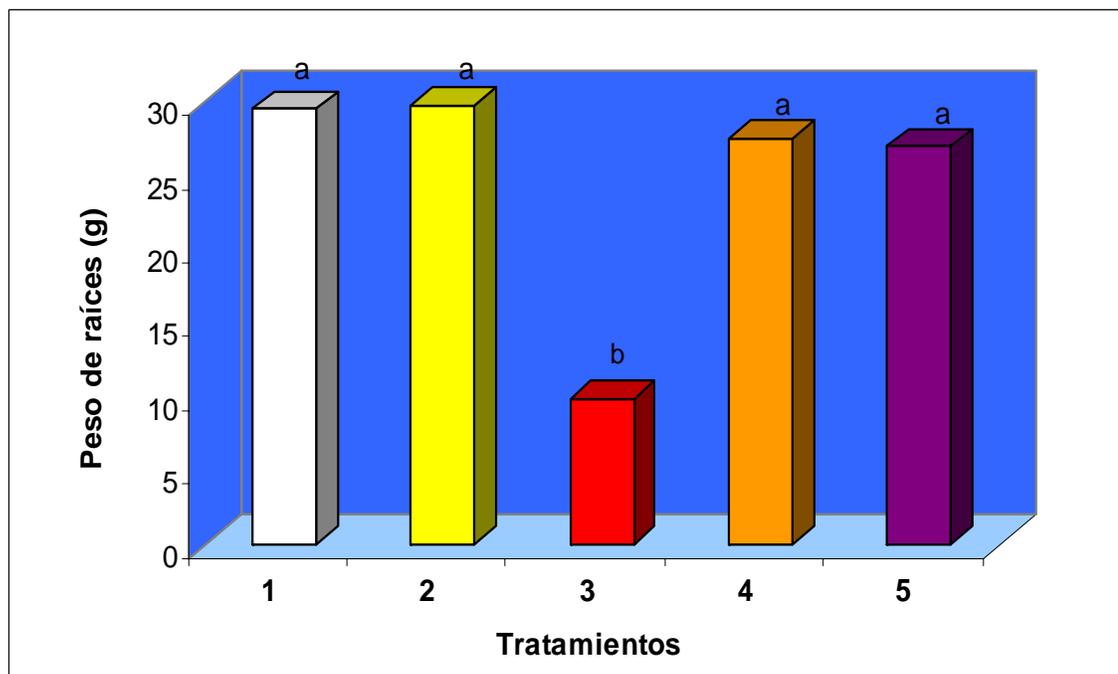
tratamientos 4 y 5 fueron los de menor cantidad de tubérculos por planta, lo que no incidió posteriormente en el rendimiento final; en el caso del testigo enfermo tuvo un menor porcentaje en la relación entre rendimiento y número de tubérculos, un 39% menor a diferencia de los tratamientos 4 y 5 que en un principio tuvieron menor número de tubérculos, pero pudieron tener un rendimiento similar al de los tratamientos con tubérculos sanos, es decir, estos tubérculos alcanzaron mayores pesos en relación al menor número de tubérculos, al contrario del testigo enfermo.

De este modo, se puede señalar que la relación entre peso de tubérculos y número de tubérculos por planta, va condicionado a cómo la planta enfrente la menor o mayor producción de tubérculos y al mayor o menor peso de estos. El tamaño promedio que alcanzan los tubérculos depende, del rendimiento total por planta y de la cantidad de tubérculos producidos por unidad de superficie (FAIGENBAUM, 1987).

4.8 Peso promedio de las raíces.

La medición de las raíces indica el desarrollo radical al momento de la cosecha que presenta la planta y de esta manera apreciar el efecto que tiene la enfermedad sobre las raíces. Se observa en la Figura 15, que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con tubérculos sanos, los tratamientos que utilizaron tubérculos enfermos con la aplicación de fungicidas con relación al tratamiento 3 (testigo enfermo sin la aplicación de la mezcla de fungicidas) que presentó el menor peso de las raíces. Las raíces, en los primeros estados de desarrollo, y hasta el comienzo de la formación de los tubérculos, presentan un rápido crecimiento, produciéndose la mayor cantidad de ellas cerca de la floración (FAIGUENBAUM, 1987).

A excepción de la nutrición del carbono (fotosíntesis) y parcialmente del oxígeno, el resto de los elementos esenciales son captados del suelo por la planta a través de su sistema radicular (BARCELÓ *et al.*, 2001).



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 15 Peso de raíces por planta, al momento de la cosecha, de los distintos tratamientos realizados.

Como se observa nuevamente la utilización de material enfermo sin la aplicación de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) produce diferencias estadísticamente significativas en comparación a los otros tratamientos; incluso en aquellos tratamientos que ocuparon material enfermo pero con la utilización de la mezcla de fungicidas en ambas dosis.

Este es un aspecto importante de la enfermedad, debido a que una disminución en las dimensiones de las raíces ocasiona un desmedro en la capacidad de absorción de la planta, provocando plantas más pequeñas

causando un menor rendimiento en la producción, debido entre otras variables a que la *S. subterranea* afecta a las raíces produciendo agallas (FALLOON *et al.*, 2004).

Cabe señalar que pueden ser muchas las variables que afectan el crecimiento radical, como por ejemplo, la disponibilidad de agua, el exceso de sustancias tóxicas, la porosidad y la compresibilidad del suelo. Además de los factores del suelo mencionados la temperatura, el pH, enfermedades e insectos pueden interactuar con las condiciones químicas y físicas limitando el crecimiento radical (Baver 1973 y Toro 1979; citado por MIRANDA, 2004).

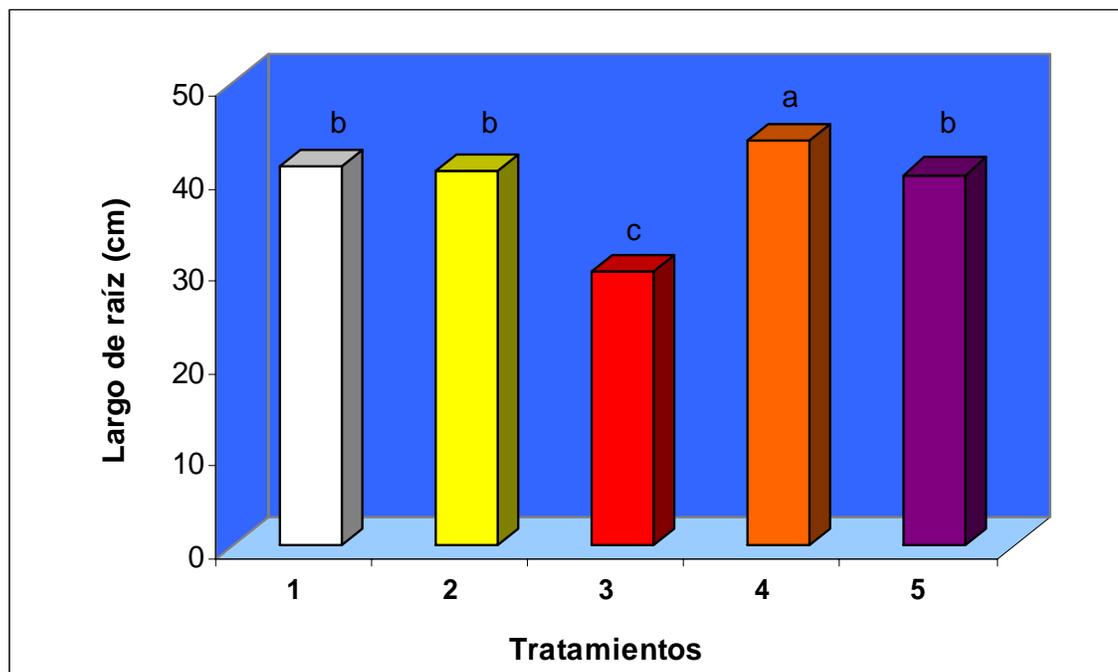
4.9 Largo de raíz.

En la Figura 16 se presentan los valores promedio del largo de raíz según tratamiento. Se encontraron diferencias significativas en el tratamiento que utilizo tubérculos semilla enfermos, con la mezcla de productos en su dosis menor, en relación a aquellos que utilizaron material sano, y al tratamiento que uso semilla enferma con la dosis mayor de producto, solo el testigo enfermo sin la aplicación de la mezcla de fungicidas, presento una menor longitud de raíz, y la mayor diferencia entre los tratamientos.

Es necesaria una adecuada humedad en el suelo para que haya producción de raíces (ALONSO, 1996). ZINK *et al.*, (2004) indican que los datos sobre la humedad del suelo han mostrado que, aún con un bajo manejo del ideal de las aguas, las condiciones en la zona de la raíz son adecuadas para promover y extender la enfermedad sobre raíces y tubérculos.

La raíz tiene zonas fundamentales en donde se produce el crecimiento propiamente tal, que son las zonas meristemáticas, que es el lugar en donde se produce la división celular y la zona de expansión, ubicada por detrás de la zona meristemática, que es la zona de elongación en donde las señales

trasmitidas por las diversas capas de la raíz son rápidamente transformadas en incremento celular, traducido en una elongación de la raíz (Marschener, 1995; citado por MIRANDA, 2004).



Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5% Tukey.

FIGURA 16 Largo de raíces por planta, medidos al momento de la cosecha, de acuerdo a cada tratamiento.

Existen otras zonas que influyen sobre la densidad radical como son la zona de pelos radicales y las raíces laterales. Los pelos radicales corresponden a una zona de células epidermales elongadas, de corta vida y que colapsan después de algunos días, siendo el etileno uno de los responsables en la formación de los pelos radicales y son de particular importancia, ya que son capaces de poner en contacto un mayor volumen de suelo, lo que favorece el desarrollo de la planta, contribuyendo a la exploración en busca de nutriente y la absorción de agua (Mengel y Kirkby, 1982; citado por MIRANDA, 2004).

El sistema radical de la papa es fibroso y extensivo. Presenta un crecimiento inicial muy ramificado, el cual, en una primera etapa, se ubica en el área próxima a la superficie del suelo; posteriormente, las raíces pueden penetrar hasta 1 m o más de profundidad, siempre que las condiciones del suelo y humedad sean favorables (FAIGUENBAUM, 1987).

El tratamiento 4 presenta diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos alcanzando las mayores dimensiones, los tratamientos 1, 2 y 5 presentaron una similitud estadística en la extensión de las raíces. Mostrando de esta forma que la sanidad de la semilla y la utilización de semilla enferma, con la aplicación de producto no afecta la longitud de las raíces. Normalmente, la planta de papa enraíza bastante cerca de la superficie, no profundizando más de 40 a 50 centímetros, aunque a veces se han encontrado raíces en el suelo muy homogéneas y relativamente sueltas, a una profundidad de hasta 1 metro (ALONSO, 1996).

5 CONCLUSIONES

Al finalizar esta tesis, se concluye lo siguiente:

- El tubérculo madre infectado es una fuente importante en la propagación de inóculo de *Spongospora subterranea* a los tubérculos hijos.
- El empleo de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en las dos dosis probadas, redujo la propagación del agente causal de la sarna polvorienta desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos.
- La utilización de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en su dosis mayor, redujo la incidencia de sarna polvorienta en raíces.
- La mezcla de fungicidas en su dosis mayor afectó la emergencia de la planta, su desarrollo en los estados iniciales y el número de tallos por planta, pero no afectó la emergencia total de las plantas.
- A pesar del efecto fitotóxico inicial de la mezcla de fungicidas en su dosis mayor en tubérculos enfermos, este efecto no se tradujo en un menor rendimiento, menor masa foliar, número de tubérculos y peso de los mismos.

- *Spongospora subterranea* produce efectos en la parte aérea de la planta de papa (altura, número de tallos por planta, peso fresco del follaje y su relación con el peso de los tallos) y en la parte subterránea de esta (peso del tubérculo y largo de raíz).
- *Spongospora subterranea* causa daños en la producción de tubérculos, además del daño estético de los mismos.

6 RESUMEN

La “sarna polvorienta” causada por *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh, es una enfermedad importante, presente en muchas áreas productoras de papa, bajo condiciones ambientales frías y húmedas, afecta principalmente la calidad estética del tubérculo.

Esta investigación tuvo por objeto evaluar el efecto de la mezcla de los fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en dos dosis, aplicado a los tubérculos-semilla sobre *S. subterranea*, agente causal de la “sarna polvorienta” en papa *Solanum tuberosum* L. El ensayo se realizó durante la temporada 2004-2005 en las dependencias de la Universidad Austral de Chile, Valdivia. Para lo cual, se seleccionaron tubérculos, tanto sanos como enfermos, de la variedad de papa Desirée, los que fueron distribuidos en 5 tratamientos; analizados al momento de la cosecha, para apreciar la incidencia de la enfermedad principalmente en tubérculos y raíces, además se evaluó la emergencia, altura de plantas, número de tallos, peso fresco del follaje, número de tubérculos, peso de tubérculos, peso de la raíz y largo de raíz. También se visualizó el efecto de la mezcla de los fungicidas en tubérculos sanos y en el desarrollo posterior de la planta (Fitotoxicidad). Para evaluar la incidencia de la enfermedad se utilizó una escala adaptada de PUSHIMANO y SHERWOOD, (2002).

De acuerdo a los análisis y resultados obtenidos se concluyó que: el empleo de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en sus dos dosis probadas, redujo la propagación de sarna polvorienta desde el tubérculo madre a los tubérculos hijos, además la utilización de la mezcla de

fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) en su dosis mayor, redujo la incidencia de sarna polvorienta en raíces. La mezcla de fungicidas en su dosis mayor afecto la emergencia de la planta, su desarrollo en los estados iniciales y en el número de tallos por planta, pero no afectó la emergencia total de las plantas. A pesar del efecto fitotóxico de la mezcla de fungicidas en su dosis mayor, este efecto no se tradujo en un menor rendimiento, menor masa foliar, número de tubérculos y peso de los mismos. *S. subterranea* produce efectos en la parte aérea de la planta de papa (altura, número de tallos por planta, peso fresco del follaje y su relación con el peso de los tallos) y en la parte subterránea de esta (peso del tubérculo y largo de raíz), por lo que, causa daños en la producción de tubérculos, además del daño estético de los mismos.

SUMMARY

The "powdery scab" caused by *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh, is an important disease which is found in many potato producing areas, under cold and humid environmental conditions, and it affects principally the aesthetic quality of the tuber.

The objective of this investigation is to evaluate the effect of the mixture of the fungicides (fluazinam and fludioxonil+mefenoxam) in two doses, applied to the tubers - seeds on *S. subterranea*, causal agent of the "powdery scab" in potato *Solanum tuberosum* L. This project was developed during the season 2004-2005 in the facilities of the Austral University of Chile, Valdivia. In order to fulfill this task, healthy as well as sick tubers of the Desirée variety potato were selected, and these were distributed in 5 treatments. The tubers were analyzed at the moment of the crop to estimate the effect of the disease, mainly in the tubers and roots' offsprings. Besides, the emergency, height of plants, number of stems, raw weight of the foliage, number of tubers, weight of tubers, weight of the root and length of root were analyzed. Furthermore it was visualized the effect of the mixture of the fungicides in healthy tubers and in the later development of the plant (Phytotoxicity). To evaluate the effect of the disease it was in use a scale adapted of PUSHIMANO and SHERWOOD, (2002).

According to the analyses and obtained results it was concluded that: the use of the mixture of fungicides (fluazinam and fludioxonil+mefenoxam) in its two proven doses, reduced the spread of powdery scab from the mother tuber to her offsprings. Besides, the utilization of the mixture of fungicides (fluazinam and fludioxonil+mefenoxam) in its higher dose, reduced the effect of powdery scab in

roots. The mixture of fungicides in its higher dose affected the emergency of the plant, its development in its initial states and in the number of stems per plant, but it did not affect the total emerging of the plants.

In spite of the phytotoxic effect of the mixture of fungicides in its higher dose, this effect was not translated in a minor yield, nor in less foliates mass neither in number of tubers and weight of the same ones. *S. subterranea* produces effects in the air part of the potato plant (height, number of stems per plant, fresh weight of the foliage and its relation with the weight of the stems) and in the underground part of this one (weight of the tuber and length of root). Due to this, *S. subterranea* causes a serious negative effect in the production of tubers, as well as in the aesthetic damage of the same ones.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, I. y VARGAS, M. 2004. Rizostoniasis de la papa. Remehue, Osorno. Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. N° 46.
- AGRIOS, G. 1996. Fitopatología, 2 ed. México DF. Limusa. 838 p.
- AGUILA, H. 1987. Agricultura general y especial. Santiago, Chile. Universitaria. 334 p.
- ALONSO, F. 1996. El cultivo de la patata. Madrid, España. Mundi-prensa. 272 p.
- BARCELÓ, J.; NICOLÁS, G.; SABATER, B. y SÁNCHEZ, R. 2001. Fisiología vegetal. Madrid, España. Pirámide. 566 p.
- BERROCAL, I. 2006. Incidencia de las enfermedades de la piel en tubérculos en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cosechados a los 60 y 120 días posterior a su madurez fisiológica. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 97 p.
- BRAITHWAITE, M.; FALLOON, R. E.; GENET, R. A.; WALLACE, A. R.; FLETCHER, J. D. y BRAAM, W. F. 1994. Control of powdery scab of potatoes with chemical seed tuber treatments. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 22(2): 121-128.

- CALDERONI, A. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. 141 p.
- CARLING, D. E. 1996. First report of powdery scab of potatoes in Alaska. Plant Disease. 80(10): 1208.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1983. Enfermedades, nematodos e insectos de la papa. Lima, Perú. 96 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1988. Siembra de papa. Efecto de densidad de tallos en la producción de papa. Boletines de información técnica. Lima, Perú. pp: 2-16.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA), 1997. Tierra Adentro (Marzo-Abril). Chile. 19 p.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE), 2004. Superficie y rendimiento de cultivos anuales. (On Line). <<http://www.ine.cl/16-agrope/i-menuagro.htm>> (28 oct. 2004).
- CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA). 2004. Mercados de las papas. (On Line). <<http://www.odepa.gob.cl/>>(28 oct. 2004).
- CHILE, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 1994. Norma general específica de certificación de semillas. Santiago (Chile). 109 p.
- . 2001. Enfermedades y plagas de la papa en el sur de Chile. Santiago (Chile). 29 p.

- CONTRERAS, A. 1991. El cultivo de la papa. Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. 33 p.
- , 2000. La papa en el contexto nacional e internacional. Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). Nº 6. Osorno (Chile). 16 p.
- CRUZ, M. 2002. Sarna de la papa. Quilamapu, Chile. Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. Nº 57.
- FAIGUENBAUM, H. 1987. Producción de cultivos en Chile. Cereales, Leguminosas e industriales. Santiago, Chile. Torredolones. 332 p.
- FALLOON, R. E.; CURTIN, D.; LISTER, R. A. y BUTLER, R. C. 2004. Root function and growth of potato plants reduced by *Spongospora subterranea* infection. (OnLine). <http://www.panhandle.unl.edu/paa/html/abstracts_1.html#G28> (15 oct. 2005).
- FALLOON, R. E.; VILJANEN-ROLLINSON, S. L. H.; COLES, G. D.; POFF, J. D. 1995. Disease severity keys for powdery and down mildews of pea and powdery scab of potato. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23(1): 31-37.
- FALLOON, R. E. y WALLACE, A. R. 1996. Assessment of seed tuber, in-furrow, and foliar chemical treatments for control of powdery scab (*Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea*) of potato. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 24(4): 341-353.

- FUENTES, C. 1993. Efecto de cinco desinfectantes de semilla sobre nodulación y desarrollo de plantas de arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 51 p.
- FUNDACIÓN CHILE. 2001. La cadena agroalimentaria del cultivo de la papa en Chile. Santiago (Chile). Ministerio de Agricultura. 72 p.
- GARCIA, C. 2002. Evaluación de estrategias de manejo de la roña polvosa (*Spongospora subterranea*) en las tres regiones más productoras de papa en Colombia. (On Line). <<http://www.redepapa.org/celsa.pdf>>(15 oct. 2005).
- HOOKER, W. 1981. Compendio de enfermedades de la papa. Minnesota. Estados Unidos de América. 125p.
- JARAMILLO, S., CALDERÓN, H., HINCAPIÉ, L. A. y AFANADOR, L. 2004. Caracterización de la variabilidad molecular de *Spongospora subterranea* (Wallr) Lagerth. f. sp. subterranea en las principales zonas paperas de Colombia. In: XXI Congreso Latinoamericano de la Papa (ALAP). Valdivia, marzo 7-12 de 2004.
- JOHNSON, S. 2004. Potato Facts: Powdery scab potatoes. (On Line), <<http://www.umext.maine.edu/onlinepubs/htmpubs/2436.htm>> (10 oct. 2005).
- LUCERO, H. 1998. Sarna polvorienta de la papa *Spongospora subterranea*, (On Line), <<http://www.redepapa.org/sarnapapa.pdf>> (30 agos. 2005).

- MILLER, J. 2001. Powdery Scab Workshop, Summary Notes. (On Line). <<http://www.uidaho.edu/ag/plantdisease/scabnote.htm>> (10 oct. 2005).
- MILLER, J.; HAMM, P. B.; JAMES, S. R.; GEARY, B. D.; JONSON D. A. y RYKBOST, K. 2004. Influence of soil, seed source, and fludioxonil seed treatment on incidence and severity of silver scurf on daughter tubers. *American Journal of Potato Research*. 81(1): 74.
- MIRANDA, G. 2004. Producción de raíces de trigo, papas y arvejas creciendo bajo distintos niveles de fósforo. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 130 p.
- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 676 p.
- POZO, M. 1997. Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos. On Line. <<http://www.cipotato.org/Training/Materials/TuberculosSemilla/Semilla2-3.pdf>> (22 jul. 2006).
- PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. On Line. <http://www.esiap.cipotato.org/PSPICMTR/Articles/Potato/Spanish/Papa_en_Ecuador.pdf> (17 may. 2005).
- QU, XINSHUN; KAVANAGH, J. A.; EGAN, D. y CHRIST B. J. 2006. Detection and Quantification of *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* in naturally infested field soils. *American Journal of Potato Research*. 83(1): 21-30.

- SALAS, C. 2005. Evaluación de la incidencia de *Spongospora subterranea* (Wall.) Lagerh en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizando papa semilla infectada con 10% de incidencia. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 73 p.
- SANDGREN, M.; PLAISTED, R.; WATANABE, K.; OLSSON, S. y VALKONEN, J. 2002. Evaluation of some north and south american potato breeding lines for resistance to potato mop top virus in Sweden. *Potato Research*. 79(3): 205-210.
- SARASOLA, A. 1975. Fitopatología. Hemisferio Sur. Buenos Aires (Argentina). Vol. 1, 364 p.
- SCHNETTLER, E. 2000. Tratamiento de semillas de papa a la siembra: un aspecto clave en el manejo del cultivo. Osorno (Chile). Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA). N° 5. 14 p.
- SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A. 2005. Fungicida de Suspensión concentrada para Tratamiento de Semillas (FS). (On Line). <http://www.syngenta.cl/prodyserv/fitosanitarios/prod/etiqueta_fitosanitarios/CelestXL035FS.pdf> (30 jul. 2005).
- TAPIA, B. 2001. Papas y hortalizas. Temporada Agrícola (Chile). 17: 67-71.
- TORRES, H. 2002. Manual de enfermedades más importantes de la papa en el Perú. (On Line. <<http://www.Cipotato.org/training/Materials/HTorres/HTorresRONA.pdf>> (16 mar. 2006).

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 1989. Recognition And Managing of the Poisonings for Pesticides. (On Line). <<http://www.epa.gov/oppfead1/safety/spanish/healthcare/handbook/Spch15.pdf>> (30 agos. 2005).

WASTIE, R.; CALIGARI, P. D. S. y WALE, S. J. 1988. Assessing the resistanse of potatoes to powdery scab (*Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh.). Potato Research. 31(1): 167-171.

ZINK, R. T.; DAVIDSON, R. D. y HOUSER, A. 2004. Control strategies for powdery scab of potato. American Journal of Potato Research. 81(1): 95-96.

ANEXOS

ANEXO 1 Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia de las plantas a los 30 días después de la plantación en los distintos tratamientos.

Fuente de variación valor P	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	
A: Bloque	115,0	4	38,3333	2,67	0,1104
B: Fungicida	49,0	1	49,0	3,42	0,0975
C: Tubérculo	361,0	1	361,0	**25,19	0,0007
Interacción					
B x C	49,0	1	49,0	5,38	0,0214
Residuo	129,0	9	14,3333		
Total	703,0	16			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	4	99,0	X
2	4	99,0	X
3	4	93,0	X X
4	4	86,0	X
5	4	85,0	X

Continua.

Continuación Anexo 1

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	0,0
1-3	6,0
1-4	*13,0
1-5	*14,0
2-3	6,0
2-4	*13,0
2-5	*14,0
3-4	7,0
3-5	8,0
4-5	1,0

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 2 Análisis de varianza (ANDEVA) para el porcentaje de emergencia de las plantas a los 60 días después de la plantación en los distintos tratamientos.

Fuente de variación valor P	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	
A: Bloque	11,0	4	3,66667	1,32	0,3272
B: Fungicida	25,0	1	25,0	9,00	0,0150
C: Tubérculo	81,0	1	81,0	**29,16	0,0004
Interacción					
B x C	25,0	1	25,0	9,00	0,0150
Residuo	25,0	9	2,77778		
Total	167,0	16			

** indica diferencias altamente significativas.

ANEXO 3 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación a la apreciación de la enfermedad en tubérculos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	
A: Bloque	14,175	89	0,205435	0,99	0,5005
B: Fungicida	5,43214	1	5,43214	**26,27	0,0000
C: Tubérculo	8,575	1	8,575	** 41,46	0,0000
Interacción					
B x C	5,43214	1	5,43214	26,27	0,0000
Residuo	42,8107	207	0,206815		
Total	76,425	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	1,0	X
2	90	1,0	X
3	90	1,62857	X
4	90	1,07143	X
5	90	1,1429	X

Continua.

Continuación Anexo 3

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	0,0
1-3	*-0,628571
1-4	-0,0714286
1-5	-0,1429
2-3	*-0,628571
2-4	-0,0714286
2-5	-0,1429
3-4	*0,557143
3-5	*0,48567
4-5	-0,07147

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 4 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación a la apreciación de la enfermedad en raíces.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	valor P
A: Bloque	24,4429	89	0,354244	1,09	0,3195
B: Fungicida	7,55714	1	7,55714	** 23,23	0,0000
C: Tubérculo	15,5571	1	15,5571	**47,83	0,0000
Interacción					
B x C	7,55714	1	7,55714	23,23	0,0000
Residuo	67,3286	207	0,325259		
Total	122,443	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	1,0	X
2	90	1,0	X
3	90	1,8	X
4	90	1,14286	X
5	90	1,5	X

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	0,0
1-3	*-0,8
1-4	-0,142857
1-5	*-0,5
2-3	*-0,8
2-4	-0,142857
2-5	*-0,5
3-4	*0,657143
3-5	0,3
4-5	*-0,35714

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 5 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación a la altura de planta.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	valor
A: Bloque	12060,4	89	174,788	1,44	0,0469
B: Fungicida	1934,63	1	1934,63	** 15,18	0,0001
C: Tubérculo	432,514	1	3,34	3,56	0,0634
Interacción					
B x C	685,157	1	685,157	5,38	0,0214
Residuo	8380,34	207	127,465		
Total	41497,9	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	46,0571	X
2	90	48,1857	X
3	90	40,4429	X
4	90	48,8286	X
5	90	49,7571	X

Continua.

Continuación Anexo 5

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	-2,12857
1-3	*5,61429
1-4	-2,77143
1-5	-3,7
2-3	*7,74286
2-4	-0,642857
2-5	-1,5714
3-4	*-8,38571
3-5	*-9,3142
4-5	0,928571

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 6 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación al número de tallos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	valor P
A: Bloque	219,371	89	3,1793	1,21	0,1591
B: Fungicida	3,65714	1	3,65714	1,39	0,2402
C: Tubérculo	86,9143	1	86,9143	**32,97	0,0000
Interacción					
B x C	35,7143	1	35,7143	13,55	0,0003
Residuo	545,714	207	2,6363		
Total	891,371	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	4,9	X
2	90	3,95714	X
3	90	3,07143	X
4	90	3,55714	XX
5	90	3,7	XX

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	*0,942857
1-3	*1,82857
1-4	*1,34286
1-5	*1,2
2-3	*0,885714
2-4	0,4
2-5	0,257114
3-4	-0,485714
3-5	-0,62857
4-5	0,142857

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 7 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación al peso fresco de follaje.

Fuente de variación valor P	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	
A: Bloque	309417,0	89	4484,3	1,22	0,1416
B: Fungicida	57408,8	1	57408,7	**15,66	0,0001
C: Tubérculo	88050,7	1	88050,7	**24,02	0,0000
Interacción					
B x C	82261,7	1	82261,7	22,44	0,0000
Residuo	758734,0	207	3665,38		
Total	1,295876	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	96,1714	X
2	90	90,5286	X
3	90	26,4243	X
4	90	89,3429	X
5	90	91,4286	X

Continúa.

Continuación Anexo 7

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	5,64286
1-3	*69,7471
1-4	6,82857
1-5	4,7428
2-3	*64,1043
2-4	1,18571
2-5	-0.9
3-4	*-62,9186
3-5	*-65,0043
4-5	2,08571

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 8 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación al número de tubérculos.

Fuente de variación valor P	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	
A: Bloque	624,071	89	9,04451	1,02	0,4486
B: Fungicida	7,55714	1	7,55714	0,85	0,3572
C: Tubérculo	40,1286	1	40,1286	*4,52	0,0346
Interacción					
B x C	34,3	1	34,3	3,87	0,05,6
Residuo	1837,01	207	8,87447		
Total	2543,07	299			

* indica diferencias significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	8,87143	XX
2	90	9,24286	X
3	90	8,81429	XX
4	90	7,78571	X
5	90	7,34286	X

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	-0,371429
1-3	0,0571429
1-4	1,08571
1-5	1,52857
2-3	0,428571
2-4	*1,45714
2-5	*1,9
3-4	1,02857
3-5	1,47143
4-5	-0,442857

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 9 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación al peso de tubérculos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	valor P
A: Bloque	3,424696	89	49633,2	1,08	0,3307
B: Fungicida	148212,0	1	148212,0	3,23	0,0736
C: Tubérculo	778540,0	1	778540,0	**17,00	0,0001
Interacción					
B x C	212080,0	1	212080,0	4,63	0,0327
Residuo	9,491047	207	45850,4		

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	540,257	X
2	90	531,229	X
3	90	379,686	X
4	90	480,743	X
5	90	516,171	X

Continua.

Continuación Anexo 9

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	9,02857
1-3	*160,571
1-4	59,5143
1-5	24086
2-3	*151,543
2-4	50,4857
2-5	15,058
3-4	*-101,057
3-5	*-136,485
4-5	35,4286

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 10 Análisis de varianza (ANDEVA) para el efecto de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefenoxam) sobre *S. subterranea* en relación al peso de raíz.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado	valor P
A: Bloque	13689,3	89	198,395	0,98	0,5263
B: Fungicida	5263,56	1	5263,56	** 26,02	0,0000
C: Tubérculo	8848,13	1	8848,13	**43,74	0,0000
Interacción					
B x C	489,73	1	489,73	24,67	0,0000
Residuo	41876,1	207	202,3		
Total	74666,8	299			

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	29,6143	X
2	90	29,8429	X
3	90	9,92857	X
4	90	27,0429	X
5	90	27,6143	X

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	-0,228571
1-3	*19,6857
1-4	2,57143
1-5	2,0
2-3	*19,9143
2-4	2,8
2-5	2,2286
3-4	*-17,1143
3-5	*-17,68573
4-5	0,571429

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 11 Análisis de varianza (ANDEVA). Incidencia de la mezcla de fungicidas (fluazinam y fludioxonil+mefexonam) sobre S. subterranea en relación al largo de raíz.

Fuente de variación valor P	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F calculado
A: Bloque 0,7483	6211,75	89	90,0253	0,87
B: Fungicida 0,0001	1775,09	1	1775,09	**17,14
C: Tubérculo 0,0000	2490,09	1	2490,09	**24,05
Interacción				
B x C 0,0000	2145,09	1	2145,09	20,72
Residuo	21434,0	207	103,546	
Total	34056	299		

** indica diferencias altamente significativas.

Prueba de Tuckey (P<5%) para efecto Tratamiento.

Densidad	Número	Promedio	Grupo homogéneo
1	90	41,1286	X
2	90	40,6286	X
3	90	29,6286	X
4	90	40,2	X
5	90	43,8286	X

Continua.

Continuación Anexo 11

Diferencia entre densidad	Diferencia
1-2	0,5
1-3	*11,5
1-4	0,928571
1-5	-2,7
2-3	*11,0
2-4	0,428571
2-5	-3,2
3-4	*-10,5714
3-5	*-14,2
4-5	*3,62857

* Denota diferencias estadísticamente significativas.

ANEXO 12 Tabla de temperaturas mínima, máxima y media (° C), tomada en la Estación Climatológica “Teja”.

	Temp. Mínima			Temp. Máxima			Temp. Media		
	2004	2005	M. H.	2004	2005	M. H.	2004	2005	M. H.
Oct.	8,1		7,0	16,3		16,8	11,7		11,7
Nov.	8,9		8,7	20,3		18,8	14,2		13,8
Dic.	10,0		10,4	21,0		21,2	15,6		15,8
Ene.		11,1	11,3		22,6	22,8		16,6	17,0
Feb.		13,4	11,1		13,4	22,8		19,1	16,7
Mar.		10,3	10,0		20,4	20,8		14,5	14,8
Abr.		7,1	8,1		17,3	17,1		11,3	12,1

M. H.: Mediciones Históricas.

FUENTE: INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, UACH. (2005).

ANEXO 13 Tabla de precipitaciones (mm), tomada en la Estación Climatológica “Teja”.

	Precipitaciones		
	2004	2005	Med. Histórica
Oct.	230,4		151,5
Nov.	107,8		104,5
Dic.	126,5		89,9
Ene.		49,1	61,5
Feb.		3,0	58,1
Mar.		142,3	83,1
Abr.		59,6	160,1

FUENTE: INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, UACH. (2005).