

EVALUACION DE FUNGICIDAS APLICADOS AL SUELO PARA EL MANEJO DE  
SARNA POLVOSA EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PAPA EN EL MUNICIPIO DE  
SUBACHOQUE (CUNDINAMARCA)

MARTHA ROCIO VASQUEZ CRUZ  
ALEJANDRO ZAMBRANO VELANDIA

20278

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
BOGOTA D.C.  
2002

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS APLICADOS AL SUELO PARA EL MANEJO DE  
SARNA POLVOSA EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PAPA EN EL MUNICIPIO DE  
SUBACHOQUE (CUNDINAMARCA)**

**MARTHA ROCÍO VÁSQUEZ CRUZ**

**ALEJANDRO ZAMBRANO VELANDIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
BOGOTÁ, D.C.  
2002**

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS APLICADOS AL SUELO PARA EL MANEJO DE  
SARNA POLVOSA EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PAPA EN EL MUNICIPIO DE  
SUBACHOQUE (CUNDINAMARCA)**

**MARTHA ROCÍO VÁSQUEZ CRUZ**

**ALEJANDRO ZAMBRANO VELANDIA**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo.**

**Directora  
Celsa García Domínguez Ph.D.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
BOGOTÁ, D.C.  
2002**

**JURADO CALIFICADOR**

**Germán Arbeláez**

**PRESIDENTE**

**Hector Muñoz**

**JURADO**

**Juan Pablo Tovar**

**JURADO**

**Celsa García Domínguez**

**DIRECTOR**

**“ Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Sin embargo, las ideas emitidas por los autores son de exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la universidad” (Artículo 14 de la resolución N° 00047 de 1981).**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, pues su amor por nosotros es muy grande y su lealtad dura por siempre.*

*A mi mamá, por su inmenso apoyo.*

*A mis hermanas, por su colaboración.*

*A mi compañero de tesis por su amor.*

*A mis amigos Maria Eugenia Ocampo y Alexander Téllez.*

*A los profesores Celsa García, Enrique Torres y Bernardo Chavez, y a la Universidad Nacional por sus conocimientos.*

### **Martha**

*El día a día abre nuestras mentes ante el mundo que nos rodea y su compleja realidad.*

*A mis padres Jorge y Ligia, pues son mi origen y mi guía,*

*A mis hermanos Franklim y Enrique por su ayuda,*

*A mis colegas Liliana, Fernando y Oscar,*

*A mis amigo Alex, José y Flor Maria*

*Al sueño que Dios me regalo y se albergo en mi corazón .... Mi amor Martha.*

### **Alejandro**

# **EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS APLICADOS AL SUELO PARA EL MANEJO DE SARNA POLVOSA EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PAPA EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE (CUNDINAMARCA)**

Martha Rocío Vásquez Cruz<sup>1</sup>, Alejandro Zambrano Velandia<sup>1</sup>, Celsa García Domínguez<sup>2</sup>

## **RESUMEN**

La sarna polvosa causada por el patógeno *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* se encuentra entre los problemas fitopatológicos resurgentes en producción de este cultivo. Actualmente en Colombia no se tiene información relacionada con el manejo químico, ni estudios sobre prácticas efectivas de manejo. Es necesario evaluar cuales fungicidas pueden dar un mejor resultado para nuestras condiciones de producción. La presente investigación se realizó en un cultivo comercial de papa en el segundo semestre del 2001, en la vereda el Páramo, localizada en el municipio de Subachoque, Cundinamarca, Colombia. Se evaluaron los fungicidas Tiabendazol, Tolclofos metil, Carbendazim, Benomil, Clorotalonil y Mancozeb aplicados al surco al momento de la siembra y en el aporque, en forma de chorro a la base del tallo en el cultivar Diacol Capiro. En un experimento en materas, se evaluaron los mismos fungicidas en papa criolla (*Solanum phureja*) cultivar "Yema de huevo". En el experimento de campo no se encontraron diferencias significativas entre los productos evaluados en las variables altura de planta, número de raíces afectadas, número de agallas y número de tubérculos de segunda y tercera. Solo se observó diferencia significativa entre la aplicación de cualquiera de los fungicidas y el testigo, en las variables número de tubérculos de primera y número de tubérculos afectados de primera y segunda. La mayor reducción de la incidencia de la enfermedad se obtuvo con Mancozeb, aunque no fue estadísticamente significativo. En la presente investigación se hizo mayor énfasis en los

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

<sup>2</sup> Profesor. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

tubérculos de primera con valor comercial, obteniendo el mejor comportamiento en la reducción de la incidencia de la enfermedad con Mancozeb.

En el ensayo realizado en laboratorio se encontraron diferencias significativas entre fungicidas y dosis, siendo Mancozeb y Clorotalonil en dosis comercial los fungicidas que causaron una mayor disminución del inóculo en el suelo.

Palabras claves: control químico, *Spongospora subterranea*, patógenos del suelo, enfermedades de papa, ELISA.

## **EVALUATION OF FUNGICIDES FOR THE MANAGEMENT OF POWDERY SCAB IN A POTATO FIELD IN THE MUNICIPALITY DE SUBACHOQUE (CUNDINAMARCA)**

### **SUMMARY**

Powdery scab caused by the pathogen *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* is one of the resurgent diseases of potato. In Colombia there are no recorded chemicals for its control, nor studies related with an effective management for the disease. It is important to evaluate which fungicides can give a better result for our potato growing conditions. The present study was carried out in a commercial production area during the second semester of 2001, in the municipality of Subachoque, Cundinamarca, Colombia. The fungicides evaluated were Tiabendazol, Tolclofos metil, Carbendazim, Benomil, Clorotalonil and Mancozeb. Applications were at the furrow at seeding, and at hilling times. Spraying was done with a back sprayer at low pressure, at center of the furrow on the first application and at the base of the plants for the second application. The potato cultivar used was Diacol Capiro. A lab experiment was done in pots, using the same fungicides as the field experiment but using the cultivar "Yema de huevo" of the diploid potato, *Solanum phureja*. The results of the field experiment were not significantly different among the fungicides evaluated. All variables measured, plant height, number of affected roots, number of galls and number of tubers of sized two and tree, were not significantly different for any of the treatments. However, there were significant difference between application of fungicides (any) and the fungicideless check on number of tubers of size one, and number of scabbed tubers of size one and size two. The greatest reduction on disease incidence was obtained with Mancozeb although, it was not statistically significant. The results from the lab bioassay showed significant differences

was not statistically significant. The results from the lab bioassay showed significant differences between fungicides and dosage of the products. Mancozeb and Clorotalonil in commercial doses were the fungicides with the largest reduction of quistosori en the soil.

Key words: Chemical control, *Spongospora subtarranea*, soil borne pathogens, potato diseases, ELISA test.

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad conocida como roña o sarna polvosa de la papa, es una de las enfermedades que disminuye los rendimientos y desmejora la calidad. Se encuentra distribuida y afectando en mayor o menor grado los cultivos de papa en las regiones productoras de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia (Guerrero, 2000). En Colombia, la enfermedad se reportó en 1974 en el departamento de Nariño, y recientemente en 1988, causando disminución en los rendimientos en la zona productora de Nariño, en la variedad Parda Pastusa (Sañudo y Jurado, 1990).

La sarna polvosa se ha encontrado también en Norte América, otros países de América del Sur, Nueva Zelanda, Australia, Pakistán, Israel, África del Sur, India, Europa del Norte, el Reino Unido, e Irlanda (Harrison *et al.*, 1997).

La enfermedad es causada por *Spongospora subterranea* Wallr Largerheim f.sp. *subterranea* Tomlinson un Plasmodiophoromycete patógeno habitante del suelo. Este organismo es un parásito obligado de papa (*Solanum tuberosum*), aunque se ha reportado que puede infectar otras Solanaceas, y otras familias como Quenopodiaceas, Cruciferaeas, Compositas, Umbelliferaes y algunas especies de familias como Gramineas y Caryophyllaceae (Jeger *et al.*, 1996). En 1969, se identificó como vector del virus “mop top” (furovirus), causante de graves daños en algunos cultivares de papa (Arif *et al.*, 1995).

El ciclo de la enfermedad se inicia con las zoosporas primarias las cuales pueden infectar vellos radicales, estolones y raíces. El patógeno entra a las células del hospedero y se desarrolla un plasmodio, el cual por mitosis forma un zoosporangio, que libera las zoosporas secundarias. Cuando la infección se produce en raíces o estolones se forman

agallas por hiperplasia e hipertrofia de las células; estas desarrollan los quistosoros, que son esporas de resistencia. Tanto las zoosporas primarias como las secundarias pueden infectar directamente a los tubérculos, al ingresar a estos a través de los lenticelos o de lesiones que se presenten en el peridermo. Al madurar las agallas, se liberan los quistosoros. Los quistosoros localizados en el suelo, pueden ser estimulados para germinar por la presencia de raíces de plantas susceptibles, produciendo zoosporas primarias (Jeger, *et al.*, 1996).

La infección se presenta en los tubérculos a manera de pústulas de color castaño, aunque algunas veces aparecen lesiones levantadas en forma de verrugas. La infección en las raíces se presenta, inicialmente como pequeñas manchas necróticas que se transforman en verrugas de color blanco crema, y finalmente se convierten en agallas se disponen en forma de collar de cuentas a lo largo de las raíces (Guerrero, 2000).

La incidencia de la sarna polvosa o roña de la papa puede variar considerablemente de un año a otro. Estas variaciones se deben probablemente a diferencias en condiciones climáticas, principalmente de temperatura y precipitación, durante el desarrollo de los cultivos de papa. En efecto la ocurrencia de la enfermedad depende de la coincidencia del período de susceptibilidad de la papa a la roña y las condiciones favorables para la enfermedad (Guerrero, 1998).

A pesar de la gravedad de la enfermedad, no se conocen tratamientos con productos químicos. Sólo la utilización de compuestos de zinc ha sido reportada como efectiva en la reducción de la enfermedad en los tubérculos (Álvarez, *et al.*, 2001). Además, se recomienda el uso de variedades resistentes, no existen variedades con nivel de resistencia aceptable para las condiciones de infección presentes en Colombia.

En otros países se ha recomendado rotación de 3 a 10 años según las condiciones de clima y suelo, pero en Colombia se desconoce el efecto de esta práctica en la reducción del

inóculo. El saneamiento es una estrategia efectiva, usando material inicial libre de la enfermedad para evitar la introducción del patógeno, sembrando en suelos bien drenados y no contaminados con el patógeno. También se debe evitar el abonamiento con estiércol proveniente de animales alimentados con tubérculos infectados, puesto que las esporas sobreviven el paso a través del tracto intestinal de los animales. El efecto del encalado es ambiguo, en algunas áreas ha dado como resultado un aumento de la enfermedad, mientras que en otras ha disminuido o no ha tenido ningún efecto sobre su incidencia (Hooker, 1980).

Recientemente se exploró en el oriente Antioqueño el efecto de aplicar sales de zinc a un suelo altamente infestado y a los tubérculos, y se encontró que la aplicación de sulfato de zinc al suelo o a los tubérculos redujo significativamente el número de agallas (Álvarez, *et al.*, 2001).

Otros estudios han mostrado que los quistosoros del patógeno son resistentes a muchos compuestos químicos (Bhattacharyya y Raj, 1986; Bunertt, 1991; Hughes, 1980; Karling, 1968; Lahert *et al.*, 1984) incluyendo tratamiento con 0.4% de solución de formaldehído (Diriwachter y Gindrat, 1982). El control químico es más factible en suelos arenosos (Nachmias y Krikun, 1988), probablemente debido a una mejor difusión de las moléculas a través del suelo. El tratamiento químico a tubérculos semilla puede causar efectos en la reducción de la enfermedad en subsecuentes cosechas (Braithwaite *et al.*, 1994) (citados por Jeger, *et al.*, 1996).

El cloruro de mercurio ha tenido algún efecto de control contra sarna polvosa, pero debe evitarse por su alta toxicidad (Bhattacharyya y Raj 1986), recientemente el uso de varios fungicidas químicos como: Fluazinam, Mancozeb y Flusulfamida, han dado promisorios resultados en experimentos de campo, en tratamientos a tubérculos y al surco (Braithwaite

*et al.*, 1994; Falloon *et al.*, 1994; Dixon *et al.*, 1994). Fluazinam ya está registrado para tratamientos de semilla y aplicaciones al suelo en Nueva Zelanda. También en Nueva Zelanda los granjeros han usado el Formaldehído para el tratamiento de semilla. Ensayos de campo con sales de Zinc han dado algún control (Burgess *et al.*, 1992), pero la alta cantidad necesaria solo es viable en parcelas pequeñas que producen semilla de alta calidad (Citados por, Institute Of Plant Sciences, 2001).

Nguyen *et al.*, (1991) realizaron ensayos utilizando siete fungicidas aplicados en el surco y a los tubérculos en inmersión y espolvoreo. De éstos, azufre y Cimoxanil + mancozeb dieron el mejor efecto en el suelo, pero no mostraron resultados al ser aplicados a los tubérculos. Otros productos que dieron efectivos resultados cuando se aplicaron al suelo fueron: Clorotalonil, Mancozeb y Oxiclóruo de Cobre.

Ante la falta de información relativa al control químico de la Sarna Polvosa en Colombia, se adelantó este trabajo orientado a evaluar el comportamiento de seis fungicidas aplicados al suelo para el control de la enfermedad en campo, y medir su efecto en la disminución del inóculo del patógeno en ensayos realizados en laboratorio.

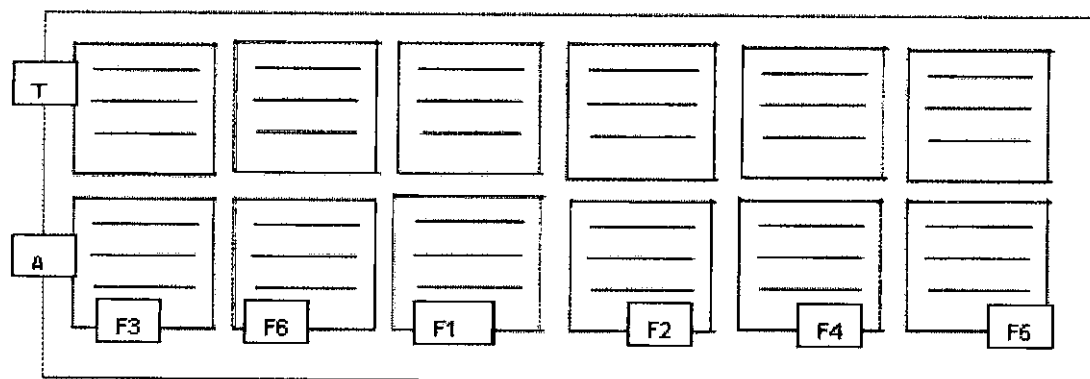
## **MATERIALES Y METODOS**

### **Experimento de Campo**

En este ensayo se evaluó el efecto de seis fungicidas químicos (Anexo 1) aplicados al suelo. La investigación se realizó en un cultivo comercial con infección natural del patógeno, ubicado en la vereda el Páramo a una altura de 3450 m.s.n.m., municipio de Subachoque, Cundinamarca. El suelo es de textura franco arenoso, con 26.2% de materia orgánica y pH 4.8. Por ser un cultivo comercial, no se registraron parámetros climáticos durante el período del cultivo. Sin embargo, el tiempo para el período del cultivo se caracterizó por fuertes lluvias al comienzo del ciclo, granizo antes de floración y posteriormente, una época seca hasta la cosecha.

El manejo fitosanitario del cultivo fue el convencional utilizado por el agricultor. La preparación del terreno se realizó con maquinaria agrícola; la fertilización se realizó con 10N-30P-10K (Abocol,) a la siembra y 15N-15P-15K (Cargill) al aporque; no se incorporó cal; tampoco se dispuso de riego.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con parcelas divididas y 20 repeticiones. Asumiendo que la distribución de los quistosoros en el área experimental era altamente variable, las parcelas se diseñaron con tres surcos tratados e inmediatamente después, los tres surcos sin tratar. Las parcelas principales consistieron en aplicación o no aplicación de fungicidas, y las subparcelas consistieron en cada uno de los seis fungicidas (figura.1). El tamaño de la parcela experimental fue de tres surcos de 2.5 m de largo por 3.0 m de ancho, surcos separados por 1.0 m. Se sembró un tubérculo por sitio a 40 cm de distancia para un total de seis sitios por surco. Utilizando tubérculos certificados del cultivar Diacol Capiro. Los fungicidas utilizados fueron Tiabendazol, Tolclofos-metil, Benomil, Carbendazim, Clorotalonil y Mancozeb (Cuadro 1).



**Figura 1.** Distribución de los fungicidas y parcelas apareadas un bloque.

A = surcos aplicados T = surcos testigo F = fungicidas

**Cuadro 1.** Fungicidas evaluados en aplicación al suelo, en ensayo realizado en campo para el control de *Spongospora subterranea*.

Productos	Ingrediente activo	Nombre Comercial	Dosis P.C.
1	Tiabendazol	Mertec 500 SC	3 l/ha
2	Tolclofos-metil	Rizolex 75%WP	12 kg/ha
3	Benomyl	Benlate WP	2 kg/ha
4	Carbendazim	Derosal 500 SC	2 l/ha
5	Clorotalonil	Bravo 500 SC	3 l/ha
6	Mancozeb	Manzate 200 WG	3 kg/ha

P.C.= Producto Comercial

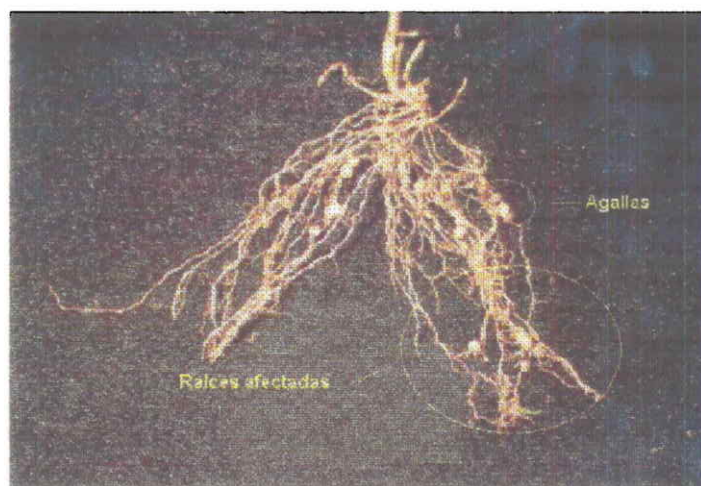
Los seis productos evaluados para el control de *S. subterranea*, fueron aplicados en dos épocas, la primera aplicación se llevó a cabo al momento de la siembra dirigida al surco; la segunda antes del aporque (40 dds<sup>1</sup>) en “chuntaqueo”<sup>2</sup> Para estas aspersiones se empleó una bomba de presión previa, marca Agro-Lhaura, con una capacidad de siete litros y un volumen de descarga de 0.6 – 1.2 l/min.

<sup>1</sup> Días después de la siembra.

<sup>2</sup> Chuntaqueo es una palabra usada por los agricultores de la región para describir la aplicación de un producto dirigida a la base del tallo de las plantas.

Las variables dependientes se tomaron al momento de floración y a la cosecha. Las variables medidas en floración fueron altura de planta (AP), número de raíces afectadas en 20 raíces muestreadas por planta (Nraicesaf) y número de agallas (Nagallas) en esas mismas 20 raíces (figura 2). Para AP se tomaron dos plantas del primer surco de cada subparcela tratada y del último surco de cada subparcela no tratada; en estas mismas plantas se evaluaron las variables Nraicesaf y Nagallas. En la cosecha, de los dos surcos centrales de cada subparcela (figura 1), se contaron el número total de tubérculos (NTt) y el número de tubérculos afectados por el patógeno (NTa). Estos tubérculos se clasificaron en las categorías primera, segunda y tercera, según la escala de tamaño utilizada en la región (figura 3). La nomenclatura de las variables en cada categoría fue NTt1, NTt2, NTt3, NTa1, NTa2 y NTa3.

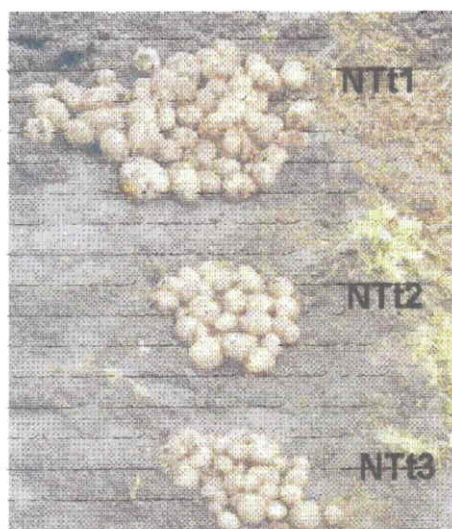
*Figura 2.* Muestra de 20 raíces utilizadas para las variables número de raíces afectadas y número de agallas.



Para determinar el nivel de infestación del área experimental al comienzo del ensayo, se tomaron muestras de 20 g de suelo a una profundidad de 15 cm. a los 25 dds, del surco

central de cada subparcela en 2 de las 20 repeticiones, para un total de 24 subparcelas muestreadas.

*Figura 3.* Clasificación de los tubérculos de primera, segunda y tercera, usados en la zona del ensayo.



Para determinar el nivel de infestación al final del ensayo, se tomaron muestras de suelo de las mismas subparcelas al momento de la cosecha. Las muestras de suelo se secaron al aire y se guardaron en cuarto frío a 5 °C. La determinación de la presencia de los quistosoros en el suelo y la estimación de su concentración se hicieron mediante la técnica serológica de ELISA (Enzyme Linked Immuno Assay) (Anexo 2).

De las dos plantas evaluadas en cada subparcela se obtuvieron promedios para las variables AP, Nraicesaf, Nagallas. Se realizó un análisis de correlación entre todas las variables usando el procedimiento CORR del programa SAS versión 8.0. Todas las variables se sometieron a análisis de varianza (ANAVA) por el procedimiento GLM del programa SAS. Dado que las variables no cumplieron con supuestos del ANAVA, se sometieron a diversas

transformaciones para ajustar los datos a la distribución normal. Para cada una de las variables se realizó un análisis de covarianza con los datos de ELISA (obtenidos de las muestras de suelo), usando el procedimiento GLM del programa SAS. Posteriormente se procedió a revisar las medias de las diferentes variables.

### **Experimento de Laboratorio**

En este ensayo se probaron inicialmente varias metodologías en cámara de crecimiento, laboratorio e invernadero con plantas trampa de tomate variedad Tropic con el fin de reducir tiempos de establecimiento, lograr mejores condiciones de desarrollo y manipulación de las plantas, optimizando espacios y costos.

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con plantas de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Bulk, ) variedad “Yema de Huevo” El material de propagación fueron tubérculos Elites obtenidos de esquejes de tallo lateral de plantas madres sanas, enraizados en turba. A los 23 días, se transplantaron en suelo en materas individuales de 2 kg cubriéndolas con mallas donde completaron su ciclo vegetativo de aproximadamente tres meses. Los tubérculos cosechados se trataron con 5 g de Carboxin por 443 g de tubérculos en espolvoreo y se guardaron a 5 °C por 15 días. Al momento de la siembra, los tubérculos se lavaron para eliminar el Carboxin superficial, y se sembraron en materas de 130 g con suelo proveniente de las subparcelas sin tratamiento que presentaron los niveles más altos de concentración de quistosoros según la prueba ELISA.

En este ensayo las condiciones de temperatura y luz no pudieron ser totalmente controladas; implementado un diseño experimental de bloques completos al azar en

factorial 6 x 3 (seis fungicidas, tres dosis por fungicida) más un testigo absoluto, para un total de 19 tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental fue un tubérculo por matera individual.

Los fungicidas evaluados fueron los mismos utilizados en el ensayo de campo; las dosis fueron la comercial y la de campo con un intervalo entre estas dos, se asperjaron en las materas después de la siembra de los tubérculos, con un atomizador manual de 600 mL, aplicando 2.5 mL por matera. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fungicidas evaluados para el control de quistosoros de *Spongospora subterranea* en laboratorio.

No	Nombre Ingrediente	Nombre Comercial	Dosis P.C.
1	Tiabendazol	Mertec 500 SC	1.0 l/ha
2			2.0 l/ha
3			3.0 l/ha
4	Tolclofos-metil	Rizolex WP 75%	6 kg/ha
5			12 kg/ha
6			18 kg/ha
7	Benomyl	Benlate 50% WP	1.0 kg/ha
8			2.0 kg/ha
9			3.0 kg/ha
10	Carbendazim	Derosal 50% SC	1.0 l/ha
11			2.0 l/ha
12			3.0 l/ha
13	Clorotalonil	Bravo 500 SC	1.5 l/ha
14			3.0 l/ha
15			4.5 l/ha
16	Mancozeb	Manzate 200 WG	1.0 kg/ha
17			2.0 kg/ha
18			3.0 kg/ha
19	Testigo absoluto	Testigo absoluto	0

P.C. = Producto Comercial.

A los 25 días de sembradas, las plantas de papa criolla se sacaron de las materas, se lavaron las raíces en agua de la llave y se midieron las variables altura de planta (AP), número de raíces afectadas (Nraícesaf), número de agallas (Nagallas), estado de floración (Efloración) y tuberización (Ntubérculos).

Para conocer el efecto de los fungicidas y las dosis sobre la concentración de quistosoros en el suelo, se colectaron muestras de todos los tratamientos y se compararon con la

Los datos de las variables dependientes y de ELISA se sometieron a ANAVA. Para las medias de productos y dosis se efectuó la prueba de las diferencias mínimas significativas (DMS). Se hicieron regresiones de la variable ELISA con las dosis de cada uno de los productos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Experimento de Campo**

La altura de plantas a floración varió entre un mínimo de 10 cm y un máximo de 47 cm con promedio de 26.7 cm. Este amplio rango es atribuible a las condiciones climáticas adversas que predominaron durante el desarrollo del cultivo. Esta variable no tuvo una correlación significativa con las demás variables. El número de raíces afectadas por planta varió entre 0 y 16 con promedio de 3.54 raíces. El número de agallas por planta varió entre 0 y 60 con promedio de 13.5 agallas. La correlación entre estas dos variables fue de 0.62 (Anexo 3), siendo la correlación más alta de todas las variables. Esta correlación explicaría que al aumentar el número de agallas la cantidad de raíces afectadas por el patógeno también fue mayor.

La Variable NTt1 varió entre 0 y 56 con un promedio de 15.4 tubérculos. El NTt2 varió entre 0 y 44 con promedio de 9.7 tubérculos y NTt3 varió entre 0 y 24 tubérculos. El total de tubérculos sanos fue 7391 y el total de tubérculos afectados 838. Los datos indican que la incidencia de la enfermedad se presentó para la aplicación con un 6.33%, comparado con un 14.67% del testigo, lo cual puede indicar que las aplicaciones de producto pudieron reducir la enfermedad en un 7.8%. Al apreciar el comportamiento general del ensayo se presentó una incidencia de la enfermedad de un 10.18%, lo cual indica que la aplicación de los fungicidas disminuyó el número de tubérculos afectados.

Se encontró una correlación positiva entre el número de tubérculos totales y número de tubérculos afectados. Esta correlación se presentó en los tres categorías de tubérculos (Anexo 3). Es decir,

reducir la enfermedad en un 7.8%. Al apreciar el comportamiento general del ensayo se presentó una incidencia de la enfermedad de un 10.18%, lo cual indica que la aplicación de los fungicidas disminuyó el número de tubérculos afectados.

Se encontró una correlación positiva entre el número de tubérculos totales y número de tubérculos afectados. Esta correlación se presentó en los tres categorías de tubérculos (Anexo 3). Es decir, cuando hay mayor número de tubérculos aumenta la posibilidad de patios de infección para el patógeno.

En el análisis de varianza las fuentes de variación fueron bloques, fungicidas, interacción fungicidas x bloque, aplicación e interacción aplicación x fungicida. La fuente de variación 'aplicación' se refiere a los datos provenientes de las subparcelas tratadas con algún fungicida (aplicación =1) y las subparcelas no tratadas (aplicación = 0). En este análisis no se encontraron diferencias significativas entre fungicidas para ninguna de las variables evaluadas. Se encontraron diferencias significativas entre aplicaciones (1 vs. 0) para las variables NTt1, NTa1, NTa2 (Figuras 4 y 5). Esto significa que independientemente del producto, las aplicaciones aumentaron el número de tubérculos cosechados de primera y redujeron el número de tubérculos afectados de primera y segunda. (Anexo 4).

Al comparar las medias entre el número de tubérculos afectados de primera y segunda con aplicación y testigos para cada uno de los productos, se observó que el mayor valor en la reducción de la enfermedad se obtuvo con Mancozeb (Figuras 6 y 7).

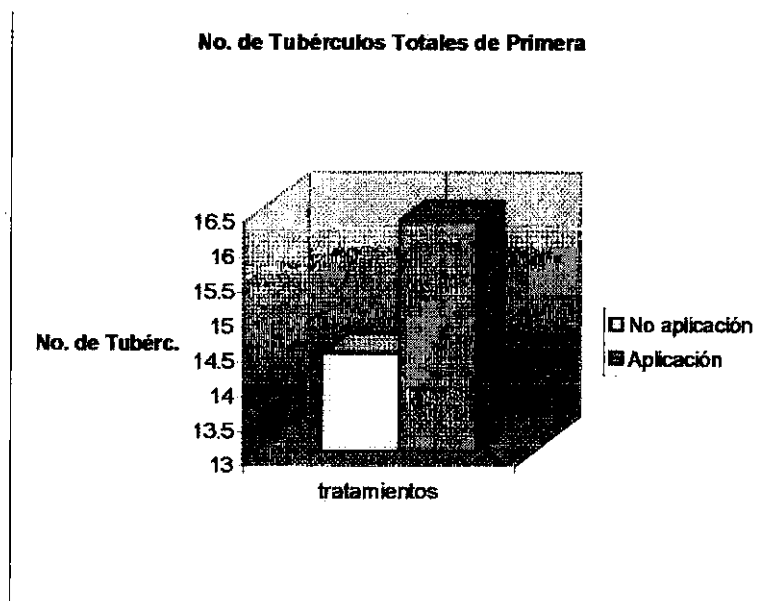


Figura 4. La variable Número de tubérculos de primera, donde se compara el efecto de la aplicación de fungicidas sobre número de tubérculos con relación al testigo.

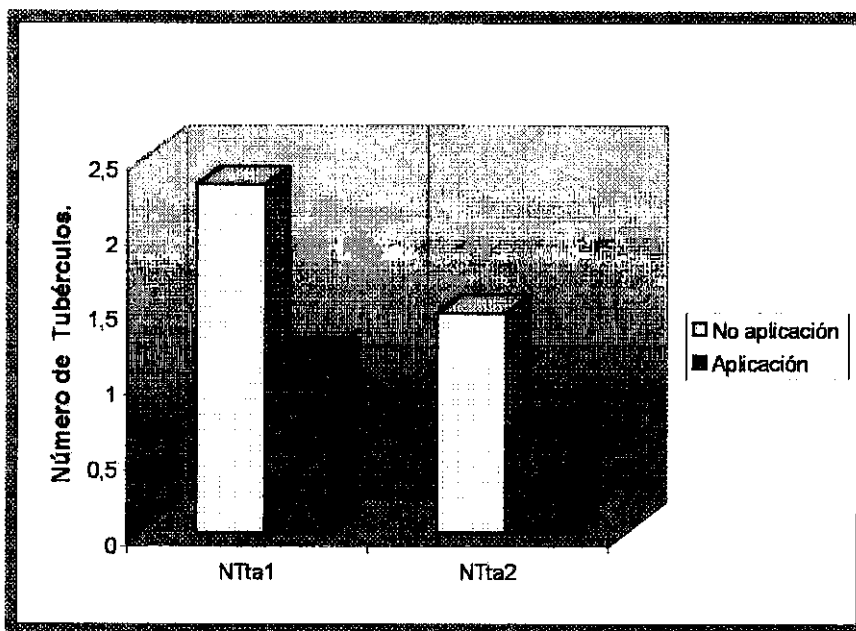


Figura 5. Efecto de la aplicación de fungicida en el número de tubérculos afectados por *Spongospora subterranea*. Los valores corresponden al promedio de seis fungicidas evaluados. NTa1 y NTa2 corresponden a la clasificación de tubérculos por tamaño.

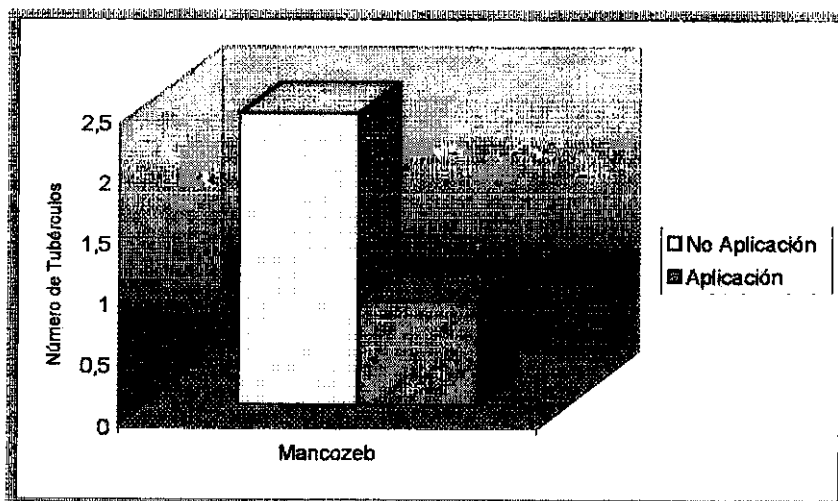


Figura 6. Número de tubérculo afectados de primera, valores medios obtenidos con Mancozeb

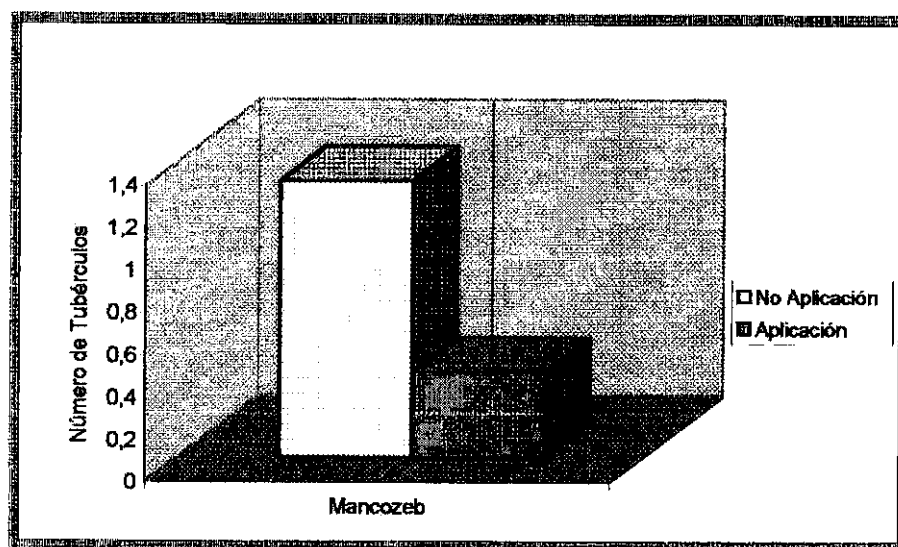


Figura 7. Número de tubérculo afectados de segunda, valores medios obtenidos con Mancozeb

Los resultados de las concentraciones de quistosoros fueron obtenidos aplicando el modelo de conversión de densidades ópticas a quistosoros por gramo de suelo ( $q.g^{-1}$ ) (Anexo 7). La concentración para las muestras tomadas al inicio del experimento se establecieron entre un rango de 1.92-2.63 millones  $q.g^{-1}$ . Los resultados obtenidos en el momento de la cosecha se establecen entre los rangos de 1.71-2.42 millones  $q.g^{-1}$ . Estos rangos son menores a los

observados al inicio del ensayo, sin embargo, las ANAVA no indicaron una diferencia significativa. Los datos de ELISA al inicio del ensayo proveniente de subparcelas tratadas variaron entre 1.92 y 2.44 millones  $q.g^{-1}$ . Los datos para las subparcelas no tratadas variaron entre 2.21 y 2.63 millones  $q.g^{-1}$ , donde se aprecia que estos datos son mayores a los de la aplicación. En la cosecha los datos provenientes de subparcelas tratadas y no tratadas fluctuaron dentro de un mismo rango de 1.71 millones a 2.46 millones  $q.g^{-1}$ . Aún cuando en el muestreo inicial (25 dds) se observó una ligera diferencia en la concentración de quistosoros por efecto de aplicación, este efecto no se observó en el muestreo a la cosecha. El muestreo final detecta que existió una diferencia en la disminución de los quistosoros con respecto al muestreo inicial. No se pudo detectar un patrón visible de concentración del patógeno en la distribución geográfica del experimento. Los resultados de las pruebas ELISA confirmaron que muestras tomadas de sitios con una proximidad de 3 m., pueden tener cantidades muy distintas de quistosoros y la variabilidad encontrada hace difícil la evaluación de esta enfermedad. Estos mismos datos fueron utilizados como covariable para uniformizar el nivel de inóculo inicial para cada uno de los tratamientos pero los análisis indican que no se presentan diferencias entre tratamientos.

### **Experimento de Laboratorio**

Los bioensayos realizados con la metodología de plantas de tomate para detectar y estimar la concentración de quistosoros en el suelo, en las condiciones probadas en estos ensayos no se obtuvieron los resultados de proceso de infección del patógeno reportados por Merz. (1989).

No se observaron agallas en las raíces de las plantas de papa criolla. Sin embargo, si se observó variación en la cantidad de quistosoros medida por la prueba de ELISA. El ANAVA detectó diferencias significativas entre productos, dosis y la interacción dosis por producto. (Anexo 5). La mayor reducción de quistosoros en promedio de las tres dosis con respecto al testigo (2.71 millones  $q.g^{-1}$ ) se observó en los tratamientos con Mancozeb (1.73 millones  $q.g^{-1}$ ) y Clorotalonil (1.74 millones  $q.g^{-1}$ ). El producto con la menor reducción fue Tiabendazol 2.34 millones  $q.g^{-1}$  (Figura 8).

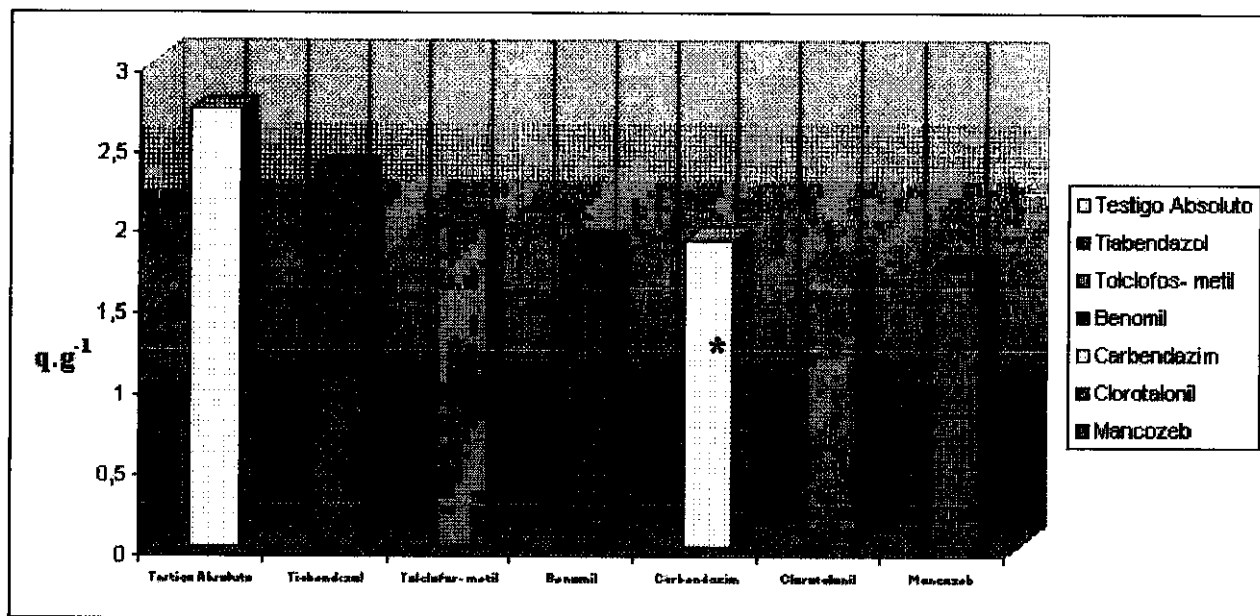


Figura 8. Promedio de la concentración de quistosoros por gramo de suelo de *Spongospora subterranea*, con las diferentes dosis de fungicidas evaluados en laboratorio. \* Tratamientos estadísticamente diferentes al testigo.

La interacción dosis por producto fue significativa para Mancozeb y Clorotalonil. El análisis de regresión de Mancozeb en las dosis usadas tuvo un  $R^2$  de 0.88, con ecuación lineal  $Y= 0.342x + 1.0464$  (Figura 9) y Clorotalonil un  $R^2$  de 0.946, con ecuación lineal  $Y= 0.089x + 1.47$  (Figura 10). Las cantidades mas bajas de quistosoros se observaron con Mancozeb en la dosis 1.0 kg/ha con un promedio de 1.33 millones  $q.g^{-1}$ , y Clorotalonil dosis 1.5 l/ha con 1.61 millones  $q.g^{-1}$ , en relación con la media del testigo absoluto de 2.71 millones  $q.g^{-1}$ . Las dosis anteriores fueron las dosis comerciales de estos productos (Figura 11). Al realizar la prueba de comparación de las mínimas medias significativas (DMS), no se observaron diferencias entre los fungicidas Clorotalonil y Mancozeb, y las dosis utilizadas en este ensayo (Anexo 6). Por otro lado los fungicidas Tiabendazol, Tolclofos metil, Benomil y Carbendazim, no tuvieron un comportamiento ajustado a un modelo entre las dosis empleadas y la reducción de quistosoros en el suelo.

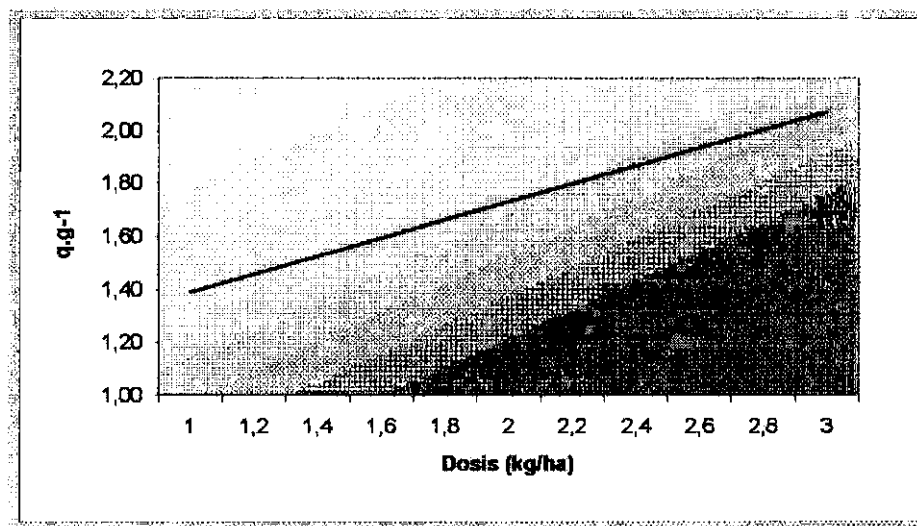


Figura 9. Relación entre dosis del fungicida Mancozeb y concentración de quistosoros de *Spongospora subterranea* en suelo.

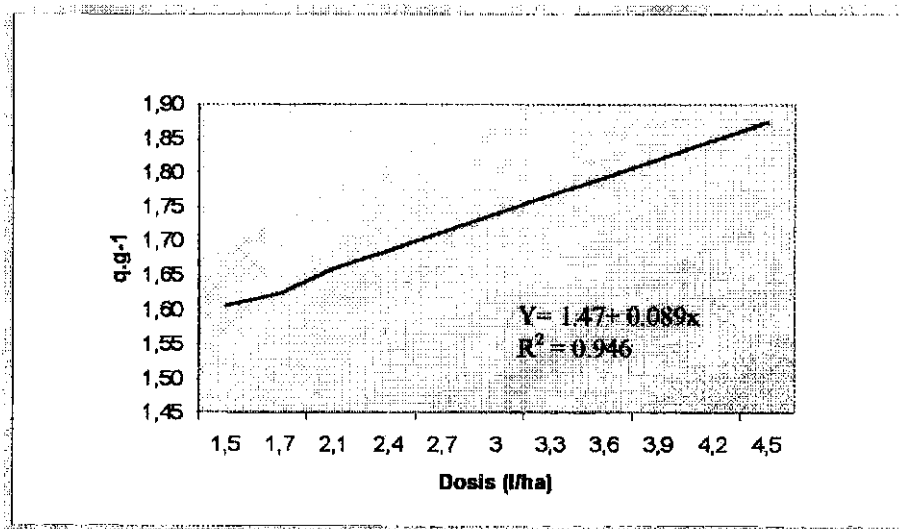


Figura 10. Relación entre dosis del fungicida Clorotalonil y concentración de quistosoros de *Spongospora subterranea* en suelo.

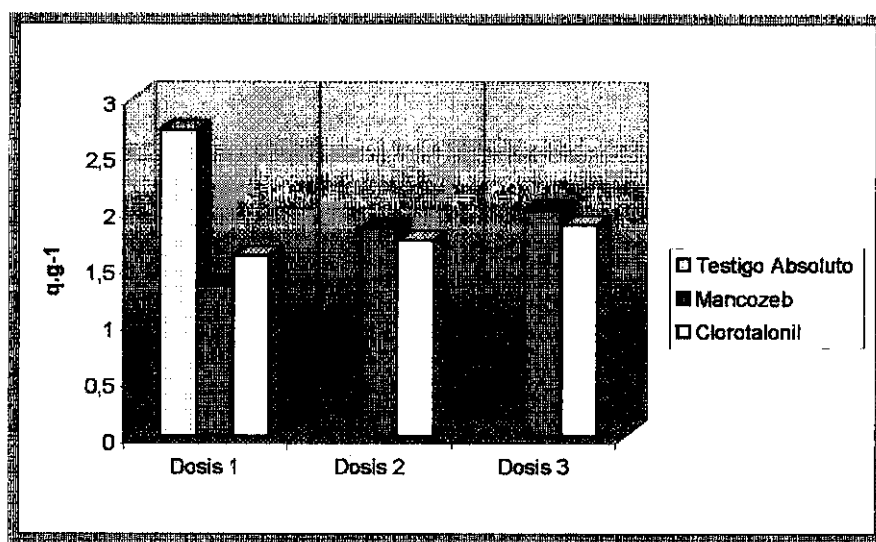


Figura 11. Efecto de dosis de los fungicidas Mancozeb y Clorotalonil para el control de *S. subterranea*.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Experimento de Campo**

Las variables altura de planta, número de agallas y número de raíces infestadas, presentaron un comportamiento errático, en forma similar a la reportada por Guerrero (2000). Las condiciones climáticas adversas ocurridas inesperadamente en este ensayo hacen que las variables antes mencionadas no sean indicadores de la incidencia de la sarna polvosa de la papa, es necesario continuar este mismo ensayo en diferentes regiones o años.

Es necesario explorar otras variables de investigación para poder realizar determinaciones preventivas y dar una indicación de la incidencia de la enfermedad de una manera económica y anticipada a la cosecha, puesto que metodologías como ELISA son muy costosas y requieren una infraestructura de laboratorio.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre fungicidas para las variables evaluadas, se encontró diferencias entre las parcelas tratadas y las no tratadas, siendo el Mancozeb el mejor producto en la reducción de tubérculos afectados.

### **Experimento Laboratorio**

Los resultados obtenidos indican que los productos Mancozeb y Clorotalonil presentan resultados promisorios para un control positivo Braithwaite *et al.*, (1994), Fallon *et al.*,(1994) Citados por Phytopotology Group ETH Zurich (2001), y Nguyen *et al.* (1991) en sus investigaciones confirman el uso de estos productos con potencial de manejo para la sarna polvosa. Pese a esto no se puede garantizar algún producto que actúe de manera erradicante para este patógeno; de igual manera es fundamental continuar con las investigaciones encaminadas a determinar nuevas dosis y productos.

En los dos experimentos, los datos de las densidades ópticas que se obtuvieron de las técnicas de ELISAS, muestran comportamientos diferentes en tiempos de lectura y en concentración de quistosoros, al compararlos con los datos referidos en el kit de BIOREBA AG; es conveniente desarrollar en el país, los propios anticuerpos, con lo cual se garantiza más confiabilidad en la prueba.

## ANEXO 1

### PRODUCTOS QUÍMICOS

En la presente investigación se evaluaron seis productos con diferentes ingredientes cuyas formulaciones y nombre comerciales se describen en el Cuadro 3.

**Cuadro. 3** Productos utilizados, nombre comercial, ingrediente activo con formulación.

Ingrediente Activo	Nombre comercial	Formulación
Tiabendazol	Mertec 500 SC	Tiabendazol 500 g por litro
Tolclofos Metil	Rizolex	Tolclofos Metil 750 g por cada kilogramo de producto
Benomil	Benlate WP	Benomil 50%, ingredientes inertes 50%
Carbendazin	Derosal 500 SC	Carbendazin 500 g por litro
Clorotalonil	Bravo 720 CS	Clorotalonil 720 g por litro
Mancozeb	Manzate 200 WG	Mancozeb (Producto del ion Zinc y Etilenobisditiocarbamato de Manganeso 75%). Etilenobisditiocarbamato 58.13% y Manganeso 15%, Zinc 1.87%, Ingredientes inertes 25%.

### MODO DE ACCION DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS

1. TIABENDAZOL: Grupo químico perteneciente a los bencimidazoles. Es un fungicida de amplio espectro de acción, sistémica y de contacto, tanto para acción foliar como para tratamiento postcosecha y en lugares encerrados. Con actividad preventiva y curativa. Es absorbido por las raíces y hojas.

No es activo frente *Alternaria* spp., *Phytophthora* spp., *Phytium* sp., *Rhizopus* spp. Es incompatible con fungicidas que contengan cobre y productos muy alcalinos. Nombres comerciales: Mertec 500 SC, 20 SL.

2. **TOLCLOFLOS METIL:** Es un fungicida no sistémico, para ser aplicado de forma preventiva, con acción curativa y erradicante que controla patógenos de suelo como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp, *Phytium* sp, *Sclerotium* sp , *Corticium* sp, y *Typhula* sp.

Nombres comerciales: Rizolex 75 WP

3. **BENOMYL:** Grupo químico bencimidazoles, Es un fungicida sistémico con actividad sobre endo y ectoparásitos, de absorción radicular y foliar, translocación acropetala, actividad por contacto preventiva y curativa. Se utiliza tanto en pulverización foliar en tratamientos preventivos y curativos, como en el tratamiento de semillas, bulbos y esquejes y en el tratamiento de suelos. Se le utiliza en la desinfección de esquejes y control de hongos del suelo.

Tiene amplio aspecto de acción en la mayoría de los Ascomycetos, Deuteromycetos y de algunos Basidiomycetos. Nombres comerciales: Benlate OD, WP.

4. **CARBENDAZIM:** Grupo químico de los bencimidazoles, es un fungicida sistémico con actividad preventiva y curativa, es absorbido por raíces y tejidos y es translocado en sentido acropetalo. No controla ficomycetos. No aplicar si se espera lluvia o helada o si el cultivo esta húmedo. Es compatible con muchos fitosanitarios excepto los alcalinos.

Nombres comerciales: Derosal 500 SC, Curacarb 50 WP, 500 SC, Bavistin 500 SC, Kendazin 50 WP, 500 SC.

5. **CLOROTALONIL:** Grupo químico benceno derivados. Fungicida de amplio espectro y actividad por contacto. Tiene limitada capacidad de translocarse lo que le confiere acción erradicante sobre numerosas enfermedades de origen fúngico. Es muy resistente al lavado por agua de lluvia o riego a su excelente adherencia y a la baja solubilidad en agua.

Nombres comerciales: Bravo 720 SC, Clortocaffaro 75 WP, 500 SC, Control 75%WP, Visado.

6. **MANCOZEB:** Grupo químico de los ditiocarbamatos. Es un fungicida preventivo, de amplio campo de acción, con especial actividad sobre enfermedades foliares producidas por hongos endoparásitos, con cierta acción acaricida (Rosenstein, E. 2002).

Nombres comerciales: Dithane WP, M-45, Mancozeb, Mancoljab WP, Manzate WP, Magnus 80 WP, Fore, Vondozeb 80 WP, Profizeb WP, Tiro M-8 WP, Thruder WP Titan 80 WP.

### **MECANISMO DE ACCION DE LOS GRUPOS QUÍMICOS**

1. **BENCIMIDAZOLES:** Tiene un efecto antimitótico, es decir impidiendo la formación del huso acromático en la mitosis. Actúa sobre la tubulina de las células, una proteína que se encuentra en el citoplasma y es de carácter vital para la división celular (mitosis), ya que es la encargada de la síntesis de los microtubulos que se forman en el huso acromático de la profase y posteriormente de los microtubulos cromosómicos que intervienen en la división de los cromosomas en la zona ecuatorial en la metafase.

2. **TOLCLOFLOS METIL:** Inhibe la división celular normal con un efecto directo pero leve sobre la división nuclear y la síntesis de masa citoplasmática; actúa sobre la síntesis de fosfolípidos. Igualmente en zooporas de oomycetos, inhibe el sistema especializado en la función de movimiento de la célula, pero sin ocasionar la lisis general.

3. **BECENO DERIVADOS:** Inhibe la respiración de las células del hongo, es decir, la transformación de los hidratos de carbono en energía porque las moléculas de clorotalonil se unen a los grupos sulfhidrilos de los aminoácidos. Las enzimas que afectan al ciclo de Krebs se desactivan y no se produce ATP. Al no poder completar este proceso la célula muere.

4. DITIOCARBAMATOS: Actúan generalmente afectando la respiración celular es decir la incorporación de oxígeno y la liberación de CO<sub>2</sub> debido a una reducción de la energía necesaria (ATP) para la realización de los procesos enzimáticos de oxidación de las sustancias nutritivas. Impidiendo la oxidación de los ácidos grasos, aminoácidos, y metabolismo de glucosa. Es un inhibidor que actúa sobre múltiples procesos, regulados por varios genes por lo que son necesarias mutaciones múltiples para desarrollar un individuo resistente a este tipo de fungicidas. (De Liñan, V. 1997)

## ANEXO 2

### PRUEBAS DE ELISA

La sintomatología de la enfermedad en los tubérculos de papa es muy diversa y en algunos casos se confunde con la sintomatología de otros patógenos. Por lo tanto, la evaluación visual de tubérculos no es suficiente para detectar la presencia del patógeno y por lo tanto para predecir la presencia de quistosoros en el suelo. El uso de material inicial libre del patógeno puede ser una medida de control eficaz para no infectar nuevas tierras, esta razón permite la posibilidad de usar las técnicas inmunológicas ELISA herramientas prometedoras para el futuro, además de los bioensayos o los marcadores moleculares con un alto grado de confiabilidad. Harrison *et al.* (1993) describe el desarrollo del inmunoensayo Enzyme Linked Immuno Assay (ELISA) para la detección y cuantificación de *S. subterranea* en tubérculos contaminados. El potencial de las técnicas serológicas para la detección y cuantificación de los niveles de inóculo en el suelo (citado por Walsh A. J. *et al.* 1996).

En Colombia los limitantes más relevantes son los altos costos de la prueba, tiempo de ejecución, y la difícil obtención de los insumos necesarios para esta prueba ya que en nuestro país no existen distribuidores de este tipo de kit.

Una técnica más económica es los bioensayos con plantas trampa, pero en pruebas realizadas en el laboratorio con tomate variedad tropic no obtuvimos buenos resultados en el desarrollo de la enfermedad, es necesario tener mayor conocimiento de la biología del

patógeno y de las condiciones adecuadas en nuestro medio para el proceso infectivo y así poder llegar a estandarizar una metodología confiable y segura de detección del patógeno.

La prueba de ELISA es una técnica serológica para la detección y cuantificación de los niveles de inóculo de un patógeno en el suelo, la ELISA empleada para el desarrollo de la presente investigación fue la DAS – ELISA o doble sándwich anticuerpo, producida por BIOREBA AG, esta prueba no reacciona con ningún otro organismo como: *Plasmodiophora brassicae*, *Streptomyces scabies*, *Spongospora subterranea* f.sp. *nasturtii*, probados hasta ahora con sintomatología parecida. Este Kit es específico para las esporas de descanso de *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea*. Otras formas como zoosporas o zoosporangios no reaccionan positivamente (Merz *et al.*, 2001).

Esta prueba tiene 4 pasos básicos en el procedimiento:

1. Se utiliza un anticuerpo específico de cubrimiento de la superficie de los pozos, se incubaba a 30 °C por 4 horas en cámara húmeda.
2. Se coloca a incubar toda la noche de 4-6 °C, las muestras con anterioridad maceradas de suelo que poseen el antígeno del patógeno.
3. Se adiciona el anticuerpo conjugado a las muestras y se incubaba por un periodo de 5 horas a 30 °C.
4. Se agrega el buffer sustrato el cual origina una coloración amarilla, que ocasiona una reacción positiva y en caso de no presentarse reacción no se percibe coloración alguna, en un intervalo de tiempo de 30-120 minutos. Para este ensayo, las lecturas se efectuaron a los 15 minutos, dada la rápida reacción, ocasionada a la cantidad de inóculo presente en las muestras. Las lecturas arrojadas fueron registradas por un lector de ELISA Biorad <sup>TM</sup> de absorción de 405 nm.

## ANEXO 3

## CORRELACIONES

Prob &gt; |r| under HO: Rho = 0

Pearson Correlation Coefficients, N = 240

	Nagallas	NTt1	NTt2	NTt3	NTa1
Nagallas	1				
Nraicesaf	0,627				
NTt1		1			
NTt2		0,723	1		
NTt3		0,591	0,629	1	
NTa1		0,419	0,315	0,299	1
NTa2		0,293	0,398	0,263	0,639
NTa3		0,192	0,242	0,343	0,448

Prob &lt; .0001

## The CORR Procedure

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
Altura	240	26.657	6.846	6398	10.50	46.50
N Agallas	240	13.543	15.697	3251	0	60.0
Nraicesaf	240	3.537	2.299	849	0	12.50
NTt1	240	15.387	9.554	3693	0	56
NTt2	240	9.566	6.601	2296	0	44
NTt3	240	6.591	4.583	1582	0	24
NTa1	240	1.741	1.686	418.6	0	9
NTa2	240	1.062	1.319	255.0	0	9
NTa3	240	0.687	0.967	165.0	0	5

**ANEXO 4**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA ENSAYO DE CAMPO**  
 Class Level Information

Class	Levels	Values
Bloque	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Producto	6	1 2 3 4 5 6
Aplicación	2	0 1
Numero de observaciones		240

Variable Dependiente: NTt1

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	125	16636.08750	133.08870	2.93	<.0001
Error	114	5180.87500	45.44627		
Corrected total	239	21816.96250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NTt1 Mean
0.762530	43.81079	6.741385	15.38750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	19	10795.54583	568.18662	12.50	<.0001
Producto	5	262.08750	52.41750	1.15	0.3366
bloque*producto	95	5022.82917	52.87189	1.16	0.2189
Aplicación	1	230.10417	230.10417	5.06	0.0264
producto*aplicación	5	325.52083	65.10417	1.43	0.2179

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloque\*producto as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
producto	5	262.0875000	52.4175000	0.99	0.4273

Dependent Variable: NTa1

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NTa1 Mean
0.683522	48.88668	1.373943	1.741667

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	19	182.3166667	9.5956140	5.08	<.0001
Producto	5	9.5833333	1.9166667	1.02	0.4120
bloque*producto	95	180.0833333	1.8956140	1.00	0.4892
aplicación	1	79.3500000	79.3500000	42.03	<.0001
Producto*aplicación	5	13.4500000	2.6900000	1.42	0.2205

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloque\*producto as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
producto	5	9.5833333	1.9166667	1.01	0.4156

Dependent Variable: NTa2

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NTa2 Mean
0.653117	50.8984	1.125171	1.062500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	19	68.4791667	3.6041667	2.85	0.0003
Producto	5	3.9375000	0.7875000	0.62	0.6833
bloque*producto	95	159.1458333	1.6752193	1.32	0.0761
aplicación	1	37.6041667	37.6041667	29.70	<.0001
producto*aplicación	5	2.5708333	0.5141667	0.41	0.8437

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloque\*producto as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
producto	5	3.9375000	0.7875000	0.47	0.7977

Dependent Variable: NTA3

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NoTa3 Mean
0.642046	121.8674	0.837839	0.687500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	19	38.47916667	2.02521930	2.89	0.0003
Producto	5	9.23750000	1.84750000	2.63	0.0273
bloque*producto	95	76.34583333	0.80364035	1.14	0.2439
aplicación	1	16.53750000	16.53750000	23.56	<.0001
Producto*aplicación	5	2.93750000	0.58750000	0.84	0.5262

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloque\*producto as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
producto	5	9.23750000	1.84750000	2.30	0.0510

## Promedios

Level of aplicación	N	-----NTt1-----		-----NTa1-----		-----NTa2-----		-----NTa3-----	
		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
0	120	14.4083333	9.51645707	2.31666667	1.95746077	1.45833333	1.56052045	0.95000000	1.10651243

Level of aplicación	N	-----NTt1-----		-----NTa1-----		-----NTa2-----		-----NTa3-----	
		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	120	16.3666667	9.53096090	1.16666667	1.10258164	0.66666667	0.86319062	0.42500000	0.71786916

NTa3		NTt1		NTa1		NTa2			
producto	aplicación	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	0	13.1500000	11.0609555	1.8000000	2.01572763	1.4500000	2.08944717	0.7000000	1.08093527
1	1	17.2000000	13.4657460	1.3000000	1.17428590	0.7000000	0.86450473	0.3000000	0.65694669
2	0	14.2000000	7.8109235	2.2000000	1.57613785	1.4000000	1.69829636	1.3500000	1.30887658
2	1	14.9500000	7.9370882	1.1500000	0.93330200	0.9500000	1.23437604	0.8000000	0.89442719
3	0	12.3000000	7.4558349	1.9000000	1.83245593	1.5000000	2.09007681	0.9000000	1.33377186
3	1	16.2500000	10.1767278	1.3000000	0.97872097	0.4000000	0.68055705	0.3000000	0.73269510
4	0	15.9000000	10.9299203	3.0000000	2.42790791	1.5500000	1.43178211	1.0000000	0.97332853
4	1	18.6500000	8.0083838	1.2500000	1.58529426	0.9000000	0.78806893	0.6000000	0.75393703
5	0	17.5500000	12.0283656	2.6000000	2.03650888	1.5500000	0.94451324	0.7000000	0.86450473
5	1	14.9000000	8.3218166	1.1500000	1.13670808	0.6500000	0.81272770	0.4500000	0.68633274
6	0	13.3500000	6.6195484	2.4000000	1.72900945	1.6000000	0.80131471	1.0500000	0.99868334
6	1	16.2500000	8.7772133	0.8500000	0.67082039	0.4000000	0.59824304	0.1000000	0.30779351

## ANEXO 5

## ANÁLISIS DE VARIANZA LABORATORIO

The GLM Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
bloque	3	1 2 3
producto	6	1 2 3 4 5 6
dosis	3	1 2 3

Número de observaciones 54

The GLM Procedure

Variable Dependiente: concentración

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	6.05296802	0.31857726	105.13	<.0001
Error	34	0.10302985	0.00303029		
Corrected Total	53	6.15599787			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	conc Mean
0.983264	2.851110	0.055048	1.930759

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	0.01013881	0.00506941	1.67	0.2028
Producto	5	2.29212098	0.45842420	151.28	<.0001
Dosis	2	0.80909793	0.40454896	133.50	<.0001
producto*dosis	10	2.94161030	0.29416103	97.07	<.0001

## The GLM Procedure

Concentración			
Level of producto	N	Media	Std Dev
1	9	2.34355556	0.07670742
2	9	1.99500000	0.58430621
3	9	1.87911111	0.14235646
4	9	1.89577778	0.05744297
5	9	1.74066667	0.11901365
6	9	1.73044444	0.31298167

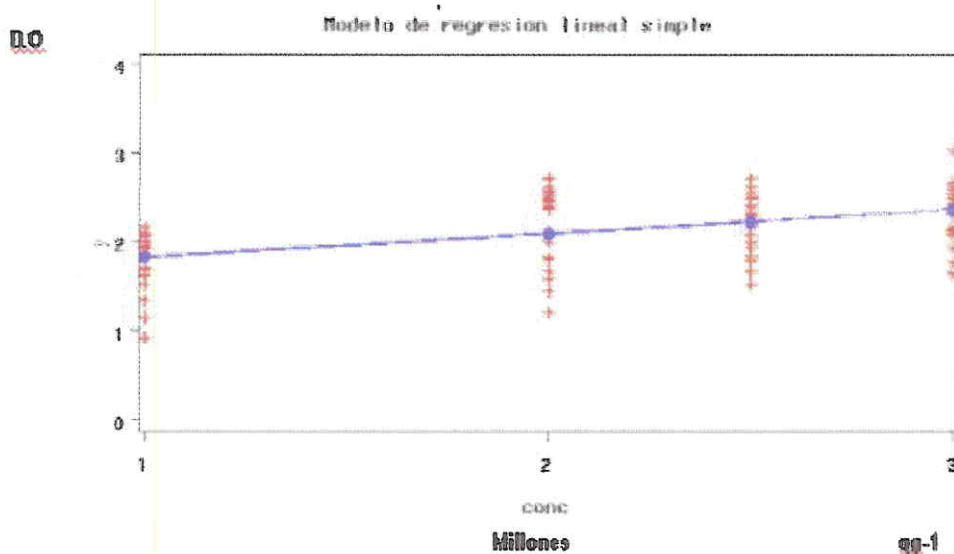
Concentración			
Level of dosis	N	Media	Std Dev
1	18	1.88216667	0.30196245
2	18	2.09894444	0.35603825
3	18	1.81116667	0.31077157

Concentración				
Level of Producto	Level of dosis	N	Media	Std Dev
1	1	3	2.30566667	0.01692139
1	2	3	2.43333333	0.04202777
1	3	3	2.29166667	0.05658033
2	1	3	1.33833333	0.11306783
2	2	3	2.67900000	0.04703190
2	3	3	1.96766667	0.03061590
3	1	3	1.84200000	0.05632051
3	2	3	2.04866667	0.07117818
3	3	3	1.74666667	0.03635015
4	1	3	1.91433333	0.06102732
4	2	3	1.85233333	0.05706429
4	3	3	1.92066667	0.04406056
5	1	3	1.87466667	0.03347138
5	2	3	1.74100000	0.00360555
5	3	3	1.60633333	0.03900427
6	1	3	2.01800000	0.09778037
6	2	3	1.83933333	0.06672581
6	3	3	1.33400000	0.01571623
0	1	3	2.97200000	0.07456333
0	2	3	2.18000000	0.05231222
0	3	3	2.98600000	0.08215400

## ANEXO 7

## MODELO ELISA

En la elaboración de la escala se utilizaron varias concentraciones de quistosoros desde  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$ ,  $2 \times 10^6$ ,  $2.5 \times 10^6$  y  $3 \times 10^6$   $qg^{-1}$ , estas se prepararon con suelo tamizado estéril y quistosoros obtenidos del raspado de lesiones de tubérculos. Las lecturas se realizaron inicialmente cada hora, pero en vista de la rápida reacción y los altos valores obtenidos se decidió reducir a intervalos de 30 minutos y 15 minutos. Las lecturas fueron tomadas a los 15 minutos. Se realizó un modelo con el programa SAS versión 8.0 con el modulo regresión lineal para convertir los datos de las densidades ópticas (D.O.) a quistosoros por gramos de suelo ( $qg^{-1}$ ) continuando el modelo realizado por (Murcia y Huertas, 2002), cuya gráfica y ecuación es la siguiente; La ecuación para la regresión fue:  $Y = 1.56 + 0.27X$ .



Se encontró que las muestras de suelo provenientes del ensayo de campo y las del laboratorio se ubicaron en un rango de la escala entre uno y tres millones de quistosoros por gramo de suelo.

## ANEXO 6

## DMS

DMS, con un  $\alpha$  0.025

Valor de prueba de DMS

DMS 0,53516765

## PRODUCTO

Ingrediente	Promedio Producto	diferencias
Tiabendazol	2,3435	0,3665
Tolclofos -- Metil	1,995	0,715
Benomil	1,8791	0,8309
Carbendazin	1,8957	0,8143
Clorotalonil	1,7406	0,9694
Mancozeb	1,7304	0,9796
Testigo	2,712	

## DOSIS

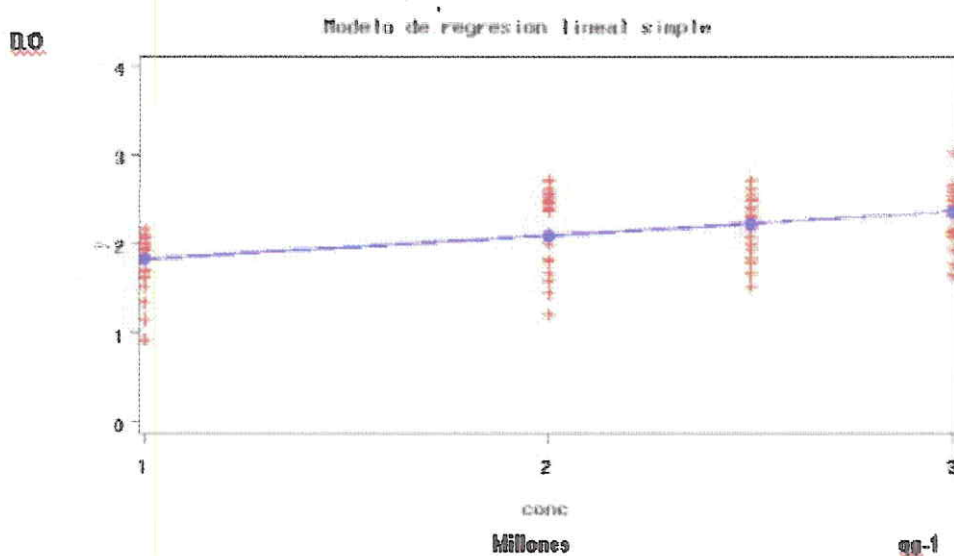
Dosis Producto

1	Clorotalonil	1,606333	0,272333
1	Mancozeb	1,334	

## ANEXO 7

## MODELO ELISA

En la elaboración de la escala se utilizaron varias concentraciones de quistosoros desde  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$ ,  $2 \times 10^6$ ,  $2.5 \times 10^6$  y  $3 \times 10^6$   $qg^{-1}$ , estas se prepararon con suelo tamizado estéril y quistosoros obtenidos del raspado de lesiones de tubérculos. Las lecturas se realizaron inicialmente cada hora, pero en vista de la rápida reacción y los altos valores obtenidos se decidió reducir a intervalos de 30 minutos y 15 minutos. Las lecturas fueron tomadas a los 15 minutos. Se realizó un modelo con el programa SAS versión 8.0 con el modulo regresión lineal para convertir los datos de las densidades ópticas (D.O.) a quistosoros por gramos de suelo ( $qg^{-1}$ ) continuando el modelo realizado por (Murcia y Huertas, 2002), cuya gráfica y ecuación es la siguiente; La ecuación para la regresión fue:  $Y = 1.56 + 0.27X$ .



Se encontró que las muestras de suelo provenientes del ensayo de campo y las del laboratorio se ubicaron en un rango de la escala entre uno y tres millones de quistosoros por gramo de suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

Arif, M., Torrance y Reavy, B. 1995. Acquisition and transmisión of potato mop-top furovirus by culture of *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* derived from a single cystosorus. *Annals of Applied Biology* 63: 493 – 501.

Álvarez, C., Rojas M., Correa A., Pérez C. y Jaramillo S. 2001. Efecto del cinc sobre la sarna polvosa de la papa (Var. Diacol Capiro). *Ventana al Campo con el mejor entorno ambiental* 2: 17-18.

De Liñan, V. 1997. *Farmacología Vegetal*. Ediciones Agrotécnicas. España.

Falloon, R. 03/05/2002, Powdery scab potatoes. [www.crop.cri.nz/psp/broadshe/powder.htm](http://www.crop.cri.nz/psp/broadshe/powder.htm).

Guerrero, O. 2000. La roña o sarna polvosa de la papa en el departamento de Nariño. *Papas Colombianas con el mejor entorno ambiental, segunda edición* 3: 127-129.

Guerrero, O. 1998. Principales enfermedades de la papa causadas por hongos y bacterias transmitidas por semillas. Segundo curso. Manejo sanitario del cultivo de la papa. Comité de Sanidad Vegetal departamento de Nariño. Editorial Produmedios, Colombia. 41-43.

Harrison, J.C., Searle R., Williams N. 1997. Powdery scab disease of potato-a review. *Plant Pathology* 46:1-25.

Hooker, W. 1980. Enfermedades fungosas. *Compendio de Enfermedades de la Papa*. CIP, Lima, Perú. 49-50 pp.

Institute of Plant Sciences. Phytopatology Group ETH Zurich. 30/08/ 2001. *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea*. [www.pa.ipw.agrl.ethz.ch/Spongospora/sss.htm](http://www.pa.ipw.agrl.ethz.ch/Spongospora/sss.htm).

Jeger, M. J. Hide A., Van Den Boogert P.H., Termorshuizen A. y Van Baarlen P. 1996. Potato Research. Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato N 39. p 453 - 458.

Merz, U. 1989. Infectivity, inoculum density and germination of *Spongospora subterranea* resting spores: a solution-culture test system. Bulletin OEP/EPO 19: 585-592.

Murcia, B y Huertas W. 2002. Análisis de la distribución espacial de *Spongospora subterranea* en una zona productora de papa. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Bogotá.

Nguyen T, Milagrosa P., Chujov E., Pérez C., Vanderzaag P. 1991. Powdery scab (*Spongospora subterranea*) of white potato. Journal of Crop Science. 16 Suplem. 1-21.

Sañudo. B. y Jurado D. J. 1990. Roña Polvosa: Problema Fitosanitario de la papa en Nariño. Ascolfi Informa 16: 4-5.

Rosenstein, E. 2002. Diccionario de especialidades agroquímicas. Décimo segunda edición. Editorial PLM S.A.

Wals, A., Merz U., Harrison J.G. 1996. Serological detection of spore balls of *Spongospora subterranea* and quantification in soil. Plant Pathology 45: 884-895.