BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

DINAMICA TEMPORAL DE LA POBLACION DE *Phytophthora infestans* Y SU SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS SISTEMICOS EN CULTIVOS DE PAPA

CLAUDIA ELIZABETH SALAZAR GONZALEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POSGRADO
SANTAFE DE BOGOTA, D.C.
2000

DINAMICA TEMPORAL DE LA POBLACION DE *Phytophthora infestans* Y SU SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS SISTEMICOS EN CULTIVOS DE PAPA

CLAUDIA ELIZABETH SALAZAR GONZALEZ

"Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS CON ENFASIS EN FITOPROTECCIÓN INTEGRADA bajo la dirección de

CELSA GARCIA DOMINGUEZ
Ingeniero Agrónoma
PhD. Fitopatología

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POSGRADO
SANTAFE DE BOGOTA, D.C.
2000

"Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la Facultad de Agronomía – Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Sin embargo, las ideas emitidas por el autor son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la Universidad" (Artículo 14 ° de la Resolución No 00047 de 1981).

Jurado calificador

Presidente del Jurado: GERMAN ARBELAEZ

Jurado: CLEMENCIA DE LA ROTTA

Jurado: CELSA GARCIA

A SOFIA

El autor expresa sus agradecimientos:

A la Doctora Celsa García Domínguez por su valiosa orientación y colaboración.

Al grupo de investigación en papa de la Facultad de Agronomía, por su inmensa contribución académica y económica.

A Cecilia Delgado y Ruben Cruz por su valiosa colaboración en el Laboratorio

A la Doctora Teresa Mosquera por facilitarme trabajar en el laboratorio de investigación y docencia de la Facultad de Agronomia.

A la Disciplina de Biometria de CENICAFE por la orientación el la parte estadística.

A la Doctora Rosmira Rivero y el Doctor Enrique Torres por la revisión del texto final.

A Carlos, mi familia y mis tíos, sin ellos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron para la ejecución y culminación de este trabajo

©BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

Pág

ABSTRACT

RESUMEN

INTRODUCCION..... 1

REVISION DE LITERATURA..... 3

Control Químico de la Enfermedad..... 3

Resistencia a Fungicidas..... 5

Resistencia a Fenilamidas..... 8

Metalaxyl..... 10

Cymoxanil..... 12

Propamocarb..... 13

METODOLOGIA..... 14

Zona de muestreo..... 14

Aislamiento del Patógeno..... 14

Evaluación *in vitro* de los Niveles de Sensibilidad de *P. infestans* a

Metalaxyl, Cymoxanil y Propamocarb..... 15

RESULTADOS..... 18

DISCUSION..... 37

CONCLUSIONES..... 41

BIBLIOGRAFIA..... 42

ANEXOS..... 43

INDICE DE CUADROS

Pág

Cuadro 1. Frecuencia de aislamientos de *P. infestans* según el grado de sensibilidad a Metalaxyl..... 18

Cuadro 2. Frecuencia de aislamientos de *P. infestans* según el grado de sensibilidad a Cymoxanil..... 29

Cuadro 3. Frecuencia de aislamientos de *P. infestans* Según el grado de sensibilidad a Propamocarb..... 31

INDICE DE FIGURAS

Pág

Figura 1. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 70 Aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Metalaxyl durante ocho fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo..... 20

Figura 2. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 66 Aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Metalaxyl durante siete fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo..... 21

Figura 3. Frecuencia de aislamientos de *P. infestans* resistentes, intermedios y sensibles a Metalaxyl en Marengo, a partir del segundo mes de ciclo del cultivo..... 22

Figura 4. Frecuencia de aislamientos de *P. infestans* resistentes, intermedios y sensibles a Metalaxyl en San Jorge, a partir del segundo mes de ciclo del cultivo..... 23

Figura 5. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Metalaxyl en dosis de A: 12.5µg/ml, B: 320µg/ml, C: 625µg/ml, D: 1600µg/ml, y E: 3200µg/ml..... 25

Pág

Figura 6. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Metalaxyl en dosis de A: 12.5µg/ml, B: 320µg/ml, C: 625µg/ml, D: 1600µg/ml, y E: 3200µg/ml..... 26

Figura 7. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 70 Aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Cymoxanil durante ocho fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo..... 27

Figura 8. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 66 Aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Cymoxanil durante siete fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo..... 28

Figura 9. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Cymoxanil en dosis de A:0.0125µg/ml, B: 0.320µg/ml, C: 0.625µg/ml, y D: 1.2µg/ml,..... 33

Figura 10. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Cymoxanil en dosis de A:0.0125µg/ml, B: 0.320µg/ml, C: 0.6250µg/ml, y D:1.2µg/ml,..... 34

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Pág

Figura 11. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Propamocarb en dosis de A: 1.75µl/ml, y B: 17.5µl/ml 35

Figura 12. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Propamocarb en dosis de A: 1.75µl/ml, y B: 17.5µl/ml 36

INDICE DE ANEXOS

Pág

Anexo 1. Fungicidas usados en Colombia para el control de la gota de la papa ocasionada por el patógeno *P. infestans*..... 43

ABSTRACT

Late blight, caused by *Phytophthora infestans* is the main limiting factor to potato production (in Colombia). Under suitable environmental conditions, the disease may reduce yields considerably. Farmers use organics fungicides, both protectant and systemic in their spraying schedules. The inadequate use of systemic fungicides has caused shifts in the pathogen populations that favor genotypes with reduced sensitivity and may reduce the efficacy of the products in the field. Thus, it is important to assess the range of variation in sensitivity in the pathogen populations during the crop cycle, to desing a more adequate control strategy.

A population analysis of the pathogen population for fungicide sensitivity was conducted at two sites in the potato growing areas of Cundinamarca, on random samples taken biweekly from emergence to production. Sensitivity was assessed by comparing radial growth of mycelial colonies on pea agar amended with the active ingredients of the fungicides at different concentrations. Metalaxyl M was used at 0, 12.5, 320, 625, 1600 y 3200 $\mu g.mL^{-1}$, cymoxanil at 0, 0.0125, 0.320, 0.625 $\mu g.mL^{-1}$, and propamocarb at 0, 1.75 and 17.5 $\mu l.mL^{-1}$. The statistical analysis was done by lineal regression of radial growth on fungicide concentratons. There were not differences between sites. The frequency of metalaxyl M resistant isolates varied with crop management, and showed a bimodal pattern that is characteristic heterogeneity populations for sensitivity. A unimodal pattern charactheristic of the homogeneous populations was evident at hight concentrations. For cymoxanil, the populations behaved bimodally at low concentrations. Propamocarb did not show differences in mycelial growth, probably due to its antisporulation effectts.

RESUMEN

El principal factor limitante en la producción de cultivos de papa es la gota, causada por el patógeno *Phytophthora infestans* el cual bajo condiciones óptimas llega a causar pérdidas considerables en la cosecha. Para manejar la enfermedad los agricultores utilizan fungicidas quimicos tanto sistémicos como protectantes. El uso inadecuado de fungicidas sistémicos ha favorecido el desarrollo de poblaciones del patógeno con baja sensibilidad, ocurriendo una disminución de la eficacia del producto en campo. Por lo tanto, es importante conocer la variación en la sensibilidad de las poblaciones durante el ciclo del cultivo para así darle un manejo más adecuado a esta enfermedad.

El análisis poblacional del patógeno se realizo durante el primer semestre de 1998 en dos sitios de Cundinamarca, haciendo un muestreo aleatorio cada quince días a partir de la emergencia del cultivo hasta la producción. El aislamiento del patógeno se realizo siguiendo la metodología de González (1997). La evaluación de los niveles de sensibilidad se hizo por comparación del crecimiento radial del micelio en agar arveja enmendado con los ingredientes activos de los fungicidas en concentraciones de 0, 12.5, 320, 625, 1600 y 3200 $\mu g.mL^{-1}$ de metalaxyl; 0, 0.0125, 0.320, 0.625 y 1.6 $\mu g.mL^{-1}$ de cymoxanil; y 0, 1.75 y 17.5 $\mu l.mL^{-1}$ de propamocarb. El análisis estadístico se hizo con base en una regresión lineal de la respuesta del crecimiento radial graficadas contra la dosis. En los dos sitios, la frecuencia de aislamientos resistentes a metalaxyl M fue baja presentó un patrón diferente dependiendo del manejo que se le dio al cultivo, mostrando un patrón bimodal, característico de poblaciones heterogeneas en cuanto a la sensibilidad del fungicida, cuando la población se sometió a concentraciones bajas. En el caso de cymoxanil la población presenta un comportamiento bimodal a bajas concentraciones. Propamocarb no presento diferencias en cuanto al crecimiento del micelio, posiblemente por el efecto antiesporulante que ejerce sobre el patógeno.

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *andigenum*) ocupa una posición destacada en la dieta de los colombianos y su cultivo es uno de los más importantes del país en el piso térmico frío. El principal factor limitante de la producción es la gota, enfermedad causada por el patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, la cual, bajo condiciones óptimas, puede causar la pérdida total de la cosecha. Bajo un sistema de producción en el que predominan variedades susceptibles, es necesario proteger el cultivo con fungicidas. En promedio se estima que se efectúan 12 aplicaciones, entre sistémicos y protectantes. Estas aplicaciones incrementan los costos de producción y reducen el margen de utilidades y, además, contribuyen a la contaminación derivada de la agricultura.

Los fungicidas sistémicos han representado un papel importante en el manejo de enfermedades de plantas, pero su uso inapropiado ha favorecido, por selección, el desarrollo de poblaciones del patógeno con sensibilidad reducida a los mismos fungicidas. Cuando estas poblaciones llegan a ser predominantes, ocurre una disminución de la eficacia de los fungicidas en el campo. En el caso de *P. infestans* se han reportado casos de sensibilidad reducida al fungicida metalaxyl, en todos los lugares donde se ha usado. Por otra parte, con los fungicidas cymoxanil y propamocarb, de más reciente introducción, no se han presentado casos de resistencia en campo hasta el momento.

González (1997) evaluó aislamientos de *P. infestans* en papa en Cundinamarca y

Boyacá por sus niveles de sensibilidad al fungicida metalaxyl, y concluyó que las poblaciones estaban compuestas predominantemente por genotipos altamente resistentes, aunque todavia pudo identificar genotipos sensibles. Al realizar un muestreo generalizado, González (1997) pudo haber subestimado la proporción de genotipos sensibles al fungicida por lo cual es posible que éste aun sea útil en programas de manejo de la gota.

En el presente trabajo se plantea la hipótesis de que los genotipos sensibles de *P. infestans* predominan al inicio del ciclo del cultivo, y van disminuyendo en frecuencia en favor de los genotipos más resistentes durante el ciclo de cultivo, a medida que se intensifica el uso de fungicidas para su control. La evaluación de esta hipótesis precisa conocer la sensibilidad de las poblaciones del patógeno durante el ciclo de cultivo. De resultar cierta, se podria rescatar el metalaxyl para combinarlo con otros productos sistémicos y protectantes en programas de manejo químico de la gota. También se ha considerado conveniente conocer el comportamiento de la población de *P. infestans* por su sensibilidad hacia otros fungicidas sistémicos con actividad contra este patógeno. La metodología desarrollada en la ejecución de este trabajo será un aporte importante para Colombia, ya que hasta ahora no se cuenta con procedimientos de monitoreo para este tipo de patógenos. El presente trabajo estimó la sensibilidad de poblaciones de *P. infestans* obtenidas de papa en dos localidades durante 1998 a los fungicidas metalaxyl, cymoxanil y propamocarb mediante la concentración efectiva media (EC_{50}) y el crecimiento relativo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Control químico de la enfermedad

El uso de fungicidas es una de las alternativas para el manejo de enfermedades en cultivos de papa (Erwin, 1996). Esta opción debe integrarse con otras opciones, como resistencia genética y prácticas culturales y de saneamiento, pero con las condiciones de cultivo predominantes en Colombia se ha convertido en la principal herramienta de control para enfermedades con alto potencial destructivo como la gota.

Para el manejo químico de la gota de la papa en países de zona templada, los productores hacen uso de programas de pronóstico que tienen en cuenta las condiciones climáticas. En esencia se trata de aplicar fungicidas solamente cuando la humedad relativa y la temperatura sobrepasen ciertos niveles críticos por más de 48 horas. En estas regiones, el monitoreo se hace con instrumentos apropiados y personal capacitado. Cuando las condiciones son favorables para la infección, se alerta a los agricultores para que tomen medidas de protección. Estos sistemas están sujetos a error cuando se presentan condiciones subóptimas (Erwin,1996).

En las condiciones de Colombia, los productores definen autónomamente el calendario de aplicación de fungicidas, y generalmente prefieren protectantes

preventivos al inicio del cultivo y sistémicos curativos cuando aparecen los síntomas o se establecen las lluvias (Tellez y Fierro, 1997). Los fungicidas comerciales usados con mayor frecuencia por los agricultores para el control de la gota de la papa se detallan en el anexo 1.

El metalaxyl y otros fungicidas sistémicos del grupo de las fenilamidas han sido efectivos para el control de la gota de la papa y otras enfermedades de plantas cultivadas. No obstante, la aparición de genotipos con sensibilidad reducida en *P. infestans* y otros patógenos reduce considerablemente su aceptabilidad. La aplicación combinada de estos fungicidas sistémicos con fungicidas protectantes aumenta la persistencia de la acción protectora y reduce los riesgos de resistencia. Es así como el metalaxyl combinado con mancozeb detiene el crecimiento y desarrollo de nuevos biotipos de *P. infestans* resistentes a fenilamidas (Young *et al.*, 1979).

Por otra parte, los nuevos fungicidas que actúan en varios puntos del metabolismo de *P. infestans* hacen menos probable la aparición de genotipos resistentes y le ofrecen al productor de papa nuevas opciones de rotación de productos, disminuyendo aún más los riesgos de resistencia (Gisi y Cohen, 1996).

La eficacia de los fungicidas protectantes y sistémicos para el control de la gota de la papa se ha examinado reiteradamente en Colombia. Navarro (1981) observó, en ensayos realizados en Antioquia, que las parcelas tratadas con metalaxyl en

aplicaciones quincenales a dosis de 0.8 g/L estaban completamente afectadas por el patógeno. Esta ineficacia demostró que la población local de *P. infestans* tenia una alta resistencia al fungicida. Sañudo *et al* , (1991) en experimentos realizados en Nariño, encontraron que la mezcla de mancozeb, metalaxyl , y fungicidas de cobre y azufre logró un 95.5 % de control. Tellez y Fierro (1997), en un estudio sobre el uso de plaguicidas en Cundinamarca, determinaron que los agricultores utilizaban alrededor de 15 productos diferentes para el control de la gota en papa y que de éstos los que con mayor frecuencia utilizan los agricultores son: Manzate® (Mancozeb), DithaneM45® (Mancozeb), Fitorax® (Cymoxanil + Mancozeb) y Ridomil® (Metalaxyl + Mancozeb); se encontró también que los agricultores modifican las dosis, épocas de aplicación y la frecuencia de aplicaciones recomendadas por las casas comerciales, según muy variadas razones.

Resistencia a Fungicidas

La disminución de la sensibilidad a los fungicidas, comúnmente referida como resistencia, es un fenómeno observado en algunos microorganismos fitopatógenos, que puede dar lugar a pérdida de eficacia, cuando los genotipos menos sensibles se vuelven predominantes en la población del patógeno (Castaño, 1994). En el desarrollo de resistencia a fungicidas sistémicos influyen factores relacionados con la biología del patógeno y con la naturaleza química y forma de acción del fungicida. Con relación a la biología del patógeno, es importante la forma de dispersión de las esporas, que determina la velocidad de colonización en los tejidos del hospedero por los genotipos con resistencia a los productos; en

patógenos aéreos con abundante esporulación, los genotipos con resistencia se pueden incrementar más rápidamente que en patógenos con esporulación escasa. En patógenos habitantes del suelo, de igual manera, la expansión de los genotipos resistentes también suele ser lenta. Por ejemplo, en patógenos como *P. infestans*, y *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, cuya capacidad de esporulación es muy alta, se pueden expandir rápidamente los genotipos con resistencia a los fungicidas. Las poblaciones de *P. infestans*, un patógeno aéreo, han desarrollado resistencia a metalaxyl más rápidamente que otras especies de *Phytophthora* cuyo hábitat es el suelo (Ortiz, 1990). La interacción de la resistencia con el éxito reproductivo o *fitness* de un genotipo puede determinar el grado de establecimiento de genotipos con resistencia. Cuando los genotipos resistentes tienen, además, una buena adaptación al ambiente, la presión de selección por la aplicación de fungicidas no encuentra obstáculos, y estos genotipos llegan a predominar rápidamente en la población dando origen a problemas de resistencia y pérdida de eficacia. Pero cuando los genotipos resistentes tienen una menor capacidad adaptativa que los sensibles, el carácter de resistencia interfiere con el éxito reproductivo, y al desaparecer la presión de selección dada por la aplicación del fungicida los genotipos sensibles vuelven a predominar en la población. Sin embargo, una presión continuada de selección por efecto del fungicida puede llevar a generar altas tasas reproductivas de las cepas resistentes (Staub, 1991).

La expresión de resistencia a fungicidas se da también por eventos espontáneos como es la mutación de genes. Es decir, si la mutación es limitada por la clase de

fungicida y los parámetros del éxito reproductivo no son afectados por condiciones ambientales, las células mutantes del patógeno se propagan y persisten en la población natural. En este caso, la mutación es la responsable de la expresión de resistencia al fungicida y este evento ocurre de manera independiente de la presencia de un fungicida en particular. Es así como la frecuencia inicial de fenotipos resistentes dentro de la población del patógeno está dada por el balance entre la tasa de mutación y la selección de la progenie resistente (Köller, 1992).

En relación con la naturaleza y el modo de acción de los fungicidas, se debe destacar que cuando un fungicida actúa en un solo punto del metabolismo del organismo blanco se dice que su acción es específica. Este único paso metabólico, punto de acción de los fungicidas de acción específica, se puede obviar con una mutación, y da lugar a genotipos insensibles a la acción del fungicida(Köller, 1992).

La acción selectiva de los fungicidas en una población heterogénea de un patógeno no tiene el mismo efecto sobre los genotipos resistentes que sobre los sensibles. Asumiendo, como ejemplo, que una población consistiera inicialmente predominante de genotipos sensibles, la aplicación del fungicida, tendría efectos diametralmente diferentes sobre los diferentes genotipos. La frecuencia de los genotipos sensibles disminuiría, mientras que la de los genotipos resistentes se incrementaría constantemente como resultado de la exposición al fungicida (Köller, 1992).

Resistencia a Fenilamidas

Las fenilamidas, entre las cuales figuran el metalaxyl , el furalaxyl y el benalaxyl, inhiben el metabolismo de los ácidos nucleicos y la síntesis de proteínas a través de la inhibición de la síntesis de la ARN polimerasa o de otros factores que participan en el proceso de regulación de la expresión génica (Dekker, 1987; Ortiz *et al.*, 1990 López *et al.*,). Es decir, que su modo es acción es específico, a diferencia de otros fungicidas sistémicos. El espectro biológico de las fenilamidas está limitado a los Oomycetes, pero las distintas moléculas tienen especificidad sobre diferentes especies del grupo (Davidse, 1983).

El primer evento de resistencia a fenilamidas fue reportado en Israel para *Pseudoperonospora cubensis* en cultivos de pepino bajo invernadero. Los primeros problemas de resistencia desarrollados en el campo se registraron en Europa en 1980, para el control de *P. infestans* en papa, después de usarse un sólo producto (metalaxyl). Cuando se empezó a usar en conjunto con fungicidas protectantes la resistencia disminuyó considerablemente. (Staub, 1991). La resistencia a fenilamidas se desarrolló poco después de haber sido introducidas al mercado con un uso intensivo e incluso exclusivo de estos productos, por lo que se asume que la resistencia en campo depende de varios factores ligados al uso intensivo de estos fungicidas (Schwinn y Margot,1991).

La resistencia a fenilamidas es un caracter monogénico con dominancia parcial originado en una o varias mutaciones. En estudios genéticos, la progenie F_1 proveniente de aislamientos de *P. infestans* resistentes a metalaxyl y aislamientos sensibles, presentó una sensibilidad intermedia a metalaxyl . Cruzamientos entre dos aislamientos con sensibilidad intermedia de la progenie F_1, presentaron una proporción 1:2:1 de progenie sensible: intermedios: resistentes. Estas proporciones se ajustan al modelo de segregación Mendeliana, donde se refleja un sólo gen de resistencia controlada monogénicamente.

Algunos investigadores han reportado alto éxito reproductivo en aislamientos de *P. Infestans* resistentes a metalaxyl. Kadish y Cohen (1988) midieron el progreso de epidemias producidas artificialmente en campos de papa, y observaron que los aislamientos resistentes a fenilamidas inducían un progreso más rápido de la epidemia que los aislamientos sensibles; los primeros alcanzaron a cubrir el 50% del follaje después de 11-13 días comparado con 18-23 días para los segundos.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
EL CAMPEL

En un estudio similar (Kadish, *et al.*,1990) se halló un número mayor de aislamientos resistentes que sensibles. La capacidad competitiva de aislamientos resistentes y sensibles a fenilamidas y mezclas se estudió en plantas de papa en ausencia de metalaxyl. La proporción de la subpoblación resistente se incrementó de 10% a 100% después de 8-10 ciclos de esporulación.

Metalaxyl

Este fungicida, introducido en 1977, pertenece al grupo de las acilaninas dentro de la clase de las fenilamidas. El metalaxyl [metil N-(2-metoxiacetil)-N-(2,6 xylil) DL alanina)] BEP 827´671, GBP 1´500´581, es sistémico, tiene una versátil actividad biológica y es persistente en la planta. Su espectro de acción está limitado a los siguientes géneros de Oomycetos: *Albugo, Bremia, Peronoscleorospora, Peronospora, Phytophthora, Plasmopora, Pseudoperonospora, Pythium, Sclerospora y Sclerophthora*, en cultivos de uva, papa, aguacate, piña, cítricos, tabaco, tomate, maíz y sorgo (Schwinn y Staub, 1987). La molécula tiene una fungitoxicidad inherente relativamente alta e inhibe el desarrollo micelial *in vitro* de *P. Infestans* con valores ED_{50} entre 0.1-0.5 ppm. El metalaxyl tiene un efecto mínimo sobre la germinación de esporangios y zoosporas y sobre la movilidad de las zoosporas. Contrario a los fungicidas protectantes, que son fungitóxicos a la espora o al tubo germinativo sobre la superficie del hospedero, el metalaxyl solo ejerce un efecto fungitóxico dentro de la planta hospedante. La penetración y formación del haustorio primario no se afectan pero se inhibe considerablemente el desarrollo del patógeno. Cuando es aplicado sobre tejido infectado se observa un efecto curativo. El metalaxyl se trasloca de forma acropétala. Es efectivo, cuando las condiciones de humedad favorecen el desarrollo del patógeno(Schwinn y Margot,1991).

El metalaxyl empezó a presentar problemas de resistencia en poblaciones de *P. infestans* poco después de su introducción, posiblemente por la presión de

selección que ejerció a raíz de su uso intensivo y exclusivo, llegando a suspenderse su aplicación entre 1981 hasta 1984. Sin embargo, el inadecuado control de la gota de la papa exclusivamente con productos protectantes, obligó a restablecer su uso, pero ahora en mezcla con dichos productos protectantes(Staub, 1991).

Existen dos teorías acerca del origen de la resistencia potencial de *P. infestans* al fungicida metalaxyl en los Estados Unidos y Canadá. La primera, plantea que los aislamientos resistentes se introdujeron por migración entre los años de 1992 y 1993 (Goodwin *et al.*, 1994), por lo tanto, las migraciones iniciales fueron posiblemente sensibles. Sin embargo, aislamientos resistentes fueron colectados en el noroeste de México durante 1989. Es decir, la resistencia fue introducida y dispersada a través de los Estados Unidos con la migración de nuevos genotipos (Goodwin *et al.*, 1992). La hipótesis alternativa plantea que la resistencia surgió por mutación y selección dentro de los Estados Unidos. Esta situación pudo ocurrir con la existencia previa de linajes clonales o con la aparición de nuevos linajes clonales después de la migración. Ya que la resistencia apareció muy rápidamente en otras partes del mundo, es muy probable que se haya desarrollado también en forma acelerada en los Estados Unidos y Canadá (Goodwin *et al.*, 1996).

Cada hipótesis establece predicciones comprobadas acerca de los patrones de resistencia a metalaxyl que pudieron ocurrir dentro de las poblaciones. Si la resistencia fue originada por la migración, se puede limitar a recientes

inmigraciones de linajes clonales. Además, la fijación de la resistencia en la población fuente (US-1) sugiere que los genotipos sensibles fueron eliminados por deriva genética durante la migración. Así, estos linajes podrían ser uniformemente resistentes, a pesar de provenir de campos asperjados o no asperjados (Fry *et al.*, 1991).

Cymoxanil

El fungicida cymoxanil [1-(2-ciano-2-metoximinoacetil)-3-etilurea] (USP 3957˜847), introducido en 1976, pertenece al grupo de las cianoacetamidas, que se caracterizan por tener una actividad sistémica local. Se utiliza específicamente contra *P. infestans* en papa y tomate y contra *Plasmopara viticola* en cultivos uva, y para el control de mildeo velloso en ornamentales. Su persistencia en la planta es muy corta por lo cual es aconsejable mezclarlo con un protectante no específico, con lo que reduce la probabilidad de que surja un problema de resistencia (Schwinn y Margot, 1991). Su modo de acción aún no es muy claro, aunque hay indicios de una acción inhibitoria en la síntesis de ARN (Schwinn y Staub, 1987;Schwinn y Margot, 1991; Hamlen y Power, 1998)

Aunque hasta ahora no se ha encontrado resistencia al producto, se están desarrollando estrategias para detener el establecimiento de genotipos resistentes en una población heterogénea, mezclando el producto con fungicidas con diferentes modos de acción. En estas circunstancias, cymoxanil es un componente valioso en

combinación con oxadixyl y mancozeb, que contribuyeron a activar partes de la planta sin tratar (Samoucha y Gisi, 1987).

Hamlen y Power (1996) evaluaron la sensibilidad de *P. infestans* al producto Curzate© (cymoxanil), los aislamientos colectados demostraron que la sensibilidad a Curzate es alta pero con el tiempo es posible que emerjan genotipos resistentes al producto.

Propamocarb

El propamocarb [(Propil-3-(dimetilamino) propilcarbamato] (DEP 1´567´1´69; 1´643´040) pertenece al grupo de los carbamatos, y se usa para el control de patógenos como *Phythium. Phytophthora, Bremia, Peronospora* y *Pseudoperonospora* en cultivos de papa, lechuga y ornamentales. Este producto inhibe el crecimiento del tubo germinativo, afecta la síntesis de fosfolípidos, produce lisis celular y trae como consecuencia la destrucción del patógeno (López *et al.*, 1997). Contrario a otros fungicidas sistémicos, propamocarb no tiene una acción específica y presenta un alto potencial fungicida tanto *in vivo* como *in planta*. El propamocarb reduce el crecimiento micelial de *P. infestans* y el desarrollo de esporangios. No se han reportado casos de resistencia a este producto en poblaciones de *P. infestans*.

METODOLOGIA

Zona de Muestreo

El análisis poblacional de *P. infestans* se realizó durante el primer semestre de 1998, en cultivos de papa en las fincas Marengo (Mosquera), propiedad de la Universidad Nacional de Colombia y San Jorge (Soacha), propiedad del ICA. En Marengo, las muestras se tomaron de un lote comercial con una extensión de una hectárea, sembrado con la variedad Capiro. En San Jorge el muestreo se realizó en un lote experimental de aproximadamente una hectárea en el cual había varios genotipos de papa; en este lote no se hizo manejo con fungitóxicos. Cada predio se visitó quincenalmente, desde la emergencia del cultivo hasta la producción, y se colectaron hojas sintomáticas infectadas con *P. infestans*. En cada visita y para cada uno de los lotes se tomaron diez muestras distanciadas en forma aleatoria a lo largo de dos transectos que se cruzaban formando una X dentro del terreno. Cada aislamiento se identificó con un número de acuerdo a su procedencia, designando con la letra M a los de Marengo y las letras SJ a los de San Jorge, y a la fecha de muestreo. Posteriormente, se llevaron al laboratorio para hacer el aislamiento del patógeno.

Aislamiento del Patógeno

El aislamiento del patógeno se realizó siguiendo la metodología descrita por González (1997), que consistió en colocar las muestras de hojas infectadas, sobre rodajas de papa de 3 mm de espesor de la variedad Tuquerreña (variedad

que no posee genes mayores de resistencia a *P. infestans*) previamente desinfestadas. Estas rodajas se incubaron a temperatura ambiente hasta que se observó crecimiento y esporulación del patógeno sobre la rodaja. Fragmentos de micelio con esporangios se sembraron en medio agar arveja,(arveja 60 g, sacarosa 20g y agar 15 g) para su mantenimiento y posterior evaluación.

Evaluación *in vitro* de los Niveles de Sensibilidad de *P. infestans* a metalaxyl M , cymoxanil y propamocarb.

La respuesta de los diferentes aislamientos a metalaxyl M, cymoxanil y propamocarb se evaluó por comparación del crecimiento radial del micelio en agar arveja enmendado con cada uno de los ingredientes activos de los fungicidas obtenidos de las casas comerciales respectivas. Después de realizar ensayos previos con diferentes concentraciones las que finalmente se evaluaron fueron 0, 12.5, 320, 625, 1600 y 3200 $\mu g.mL^{-1}$ de metalaxyl M; 0, 0.0125, 0.320, 0.625 y 1.6 $\mu g.mL^{-1}$ de cymoxanil; y 0, 1.75 y 17.5 $\mu l.mL^{-1}$ de propamocarb. Se dispensaron 20 mL de medio enmendado en cajas de Petri de 9 cm de diámetro. En el centro de cada caja se sembró un disco de 1.2 cm de diámetro tomado del borde de una colonia de 8 a 10 días que creció en el mismo medio sin enmendar. Las cajas se incubaron a 18°C en oscuridad. Cada concentración se evaluó en tres repeticiones. El diámetro de cada colonia se midió a los 8 días de incubación y se transformó a diámetro relativo (DR), tomando como referencia el diámetro de la colonia de cada aislamiento en medio sin fungicida (Deahl, 1993).

Se realizó un análisis estadístico para determinar las concentraciones efectivas para cada fungicida con las cuales se inhibe el 50% de crecimiento radial (EC_{50}). Estos valores se calcularon con base en una regresión lineal de la respuesta del crecimiento radial promedio de las tres repeticiones, las cuales fueron graficadas contra las dosis (logaritmo de la concentración de fungicida). Los rangos de sensibilidad de los diferentes aislamientos se evaluaron con base en la escala propuesta por Therrien *et al.*, (1993), para los productos metalaxyl M donde se consideraron los aislamientos así:

Resistentes (R): 100 - 500 $\mu g.mL^{-1}$

Intermedios (I): 5 - 99 $\mu g.mL^{-1}$.

Sensible (S): 0 - 5 $\mu g.mL^{-1}$

En el caso de cymoxanil se utilizó la escala propuesta por Sujkowsky *et al.*, (1995) donde se consideraron los aislamientos como:

Resistentes (R): >10 $\mu g.mL^{-1}$

Intermedios (I): 0.1-10 $\mu g\ mL^{-1}$.

Sensible (S): >10 $\mu g.mL^{-1}$

Teniendo en cuenta que sólo se evaluaron dos dosis para el producto

propamocarb, se decidió evaluar la sensibilidad de los aislamientos mediante la escala propuesta por Shattock (1988). Este procedimiento se basa en el diámetro relativo (DR), así:

Sensible (S): DR < 10 %

Intermedio (I): 10 < DR < 60%

Resistente (R): DR > 60%

RESULTADOS

Sensibilidad A Metalaxyl

Ambas poblaciones de *P. infestans* fueron variables en la sensibilidad a metalaxyl M. En Marengo las EC_{50} variaron entre 0 y 3087$\mu g.mL^{-1}$ y en San Jorge entre 0 y 558 $\mu g.mL^{-1}$ Según la clasificación de Therrien *et al.*, (1993), la composición de la población de *P. infestans* en Marengo fue 44% (31/70) de aislamientos sensibles, 38% (27/70) de intermedios y 18% (12/70) de resistentes. En San Jorge los aislamientos sensibles representaron el 59% (39/66) de la población muestreada, los intermedios el 34% (23/66) y los resistentes el 6% (4/66) (Cuadro 1).

CUADRO 1. Frecuencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* según el grado de sensibilidad a Metalaxyl [a].

LOCALIDAD	TOTAL	EC_{50} ($\mu g.mL^{-1}$)[b]				
		0-5 Sensible	5-49 Intermedio	50-99 Intermedio	100-499 Resistente	> 500 Resistente
MARENGO	70	31	22	5	10	2
SAN JORGE	66	39	17	6	3	1

a: Clasificación según Therrien *et al.*, (1993).
b : **EC_{50}** Concentración de fungicida ($ug.mL^{-1}$) que inhibe el 50% de crecimiento micelial.

Aún cuando en Marengo existió una proporción mayor de aislamientos resistentes que en San Jorge, los rangos en los valores EC_{50} no fueron muy distintos en los dos sitios, con excepción del aislamiento 25M de Marengo cuyo EC_{50} de 3087

$\mu g.mL^{-1}$ fue particularmente alto (Figura 1 y 2). En Marengo los EC_{50} promedio de cada fecha de muestreo fueron: 0.0, 0.0, 90.60, 69.52, 46.12, 73.6, 42.01 y 47.18 $\mu g.mL^{-1}$. En San Jorge estos fueron: 54.53, 78.77, 17.88, 33.42, 0.0, 4.27 y 48.87$\mu g.mL^{-1}$. En los dos primeros muestreos de Marengo todos los aislamientos fueron sensibles. A partir del tercer muestreo aparecieron aislamientos resistentes (el 30%); posteriormente, su frecuencia fluctuó aumentando o disminuyendo alternativamente con cada fecha de muestreo, sin ningún patrón discernible (Figura 3). En San Jorge, los aislamientos resistentes se detectaron a partir del primer muestreo y se mantuvieron mas o menos constantes durante todo el ciclo. Sin embargo, estos fueron mucho menos que en Marengo (Figura 4).

De los 70 aislamientos colectados en Marengo en todo el ciclo, 30 no crecieron ni aún en medio enmendado con la dosis mas baja de metalaxyl M (12.5 $\mu g.mL^{-1}$). En San Jorge se colectaron 66 aislamientos. De estos, 38 no crecieron en la dosis más baja. De los aislamientos de Marengo que crecieron en la dosis mas baja, el crecimiento relativo varió entre 17% (aislamiento 18M) y 123% (aislamiento 25M) con promedio de 66% y mediana de 46. De los aislamientos de San Jorge que crecieron en la dosis mas baja, el crecimiento relativo varió entre 45% (aislamiento 38SJ) y 95% (aislamiento 13SJ) con promedio de 32.93 y mediana de 33.42. Solo dos aislamientos crecieron en la concentración más alta evaluada (3200 $\mu g.mL^{-1}$).

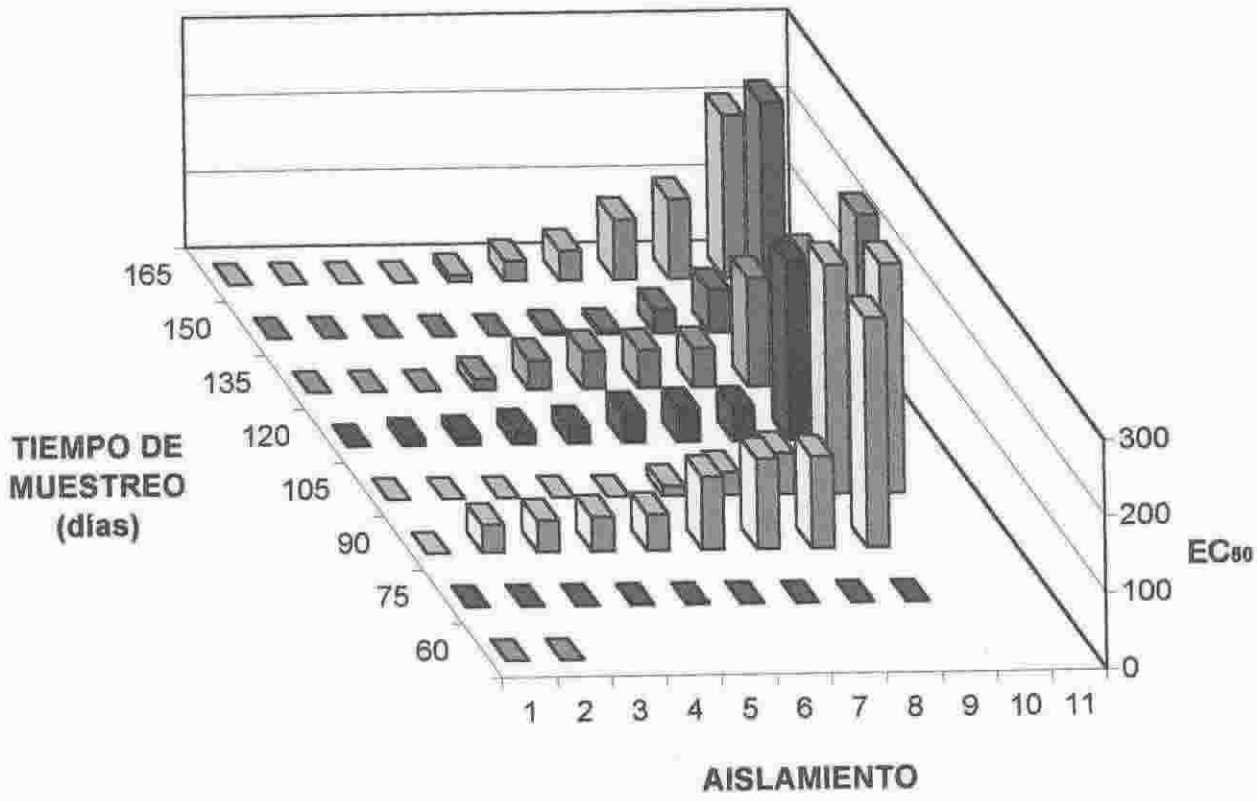

Figura 1. EC50 ordenados de menor a mayor de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Metalaxyl durante ocho fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo.

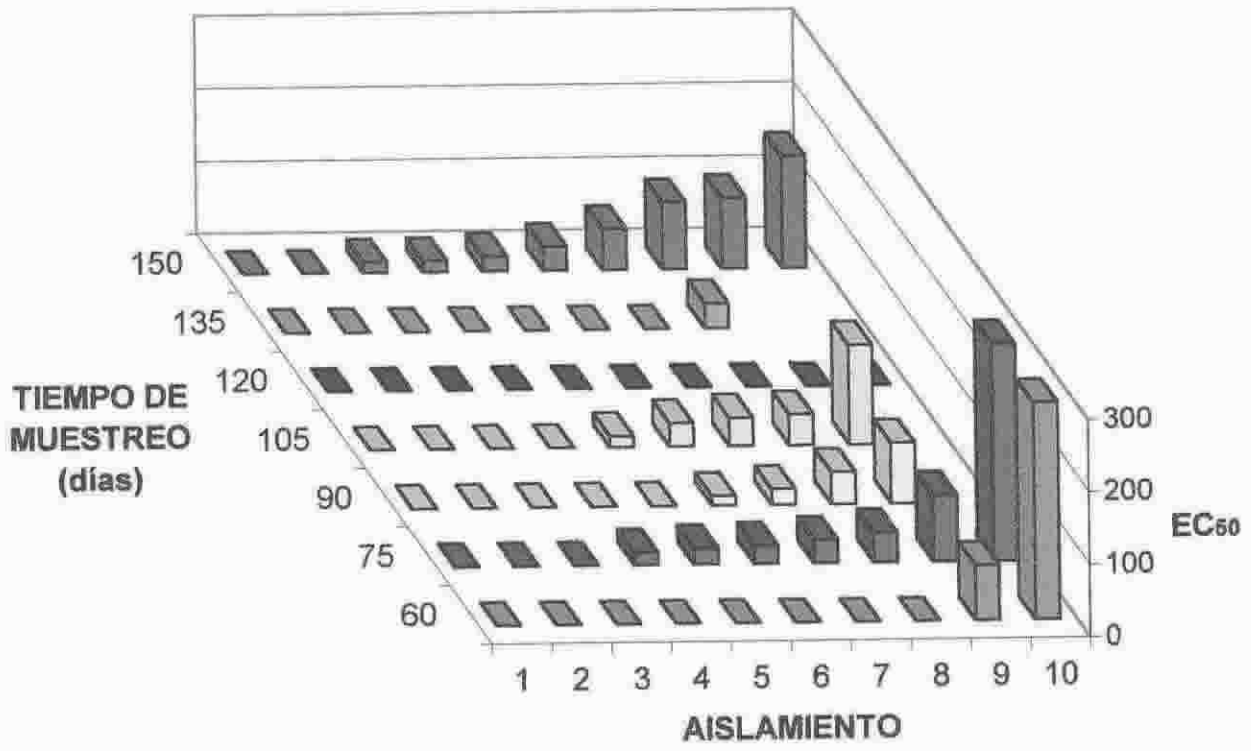

Figura 2. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Metalaxyl durante siete fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo

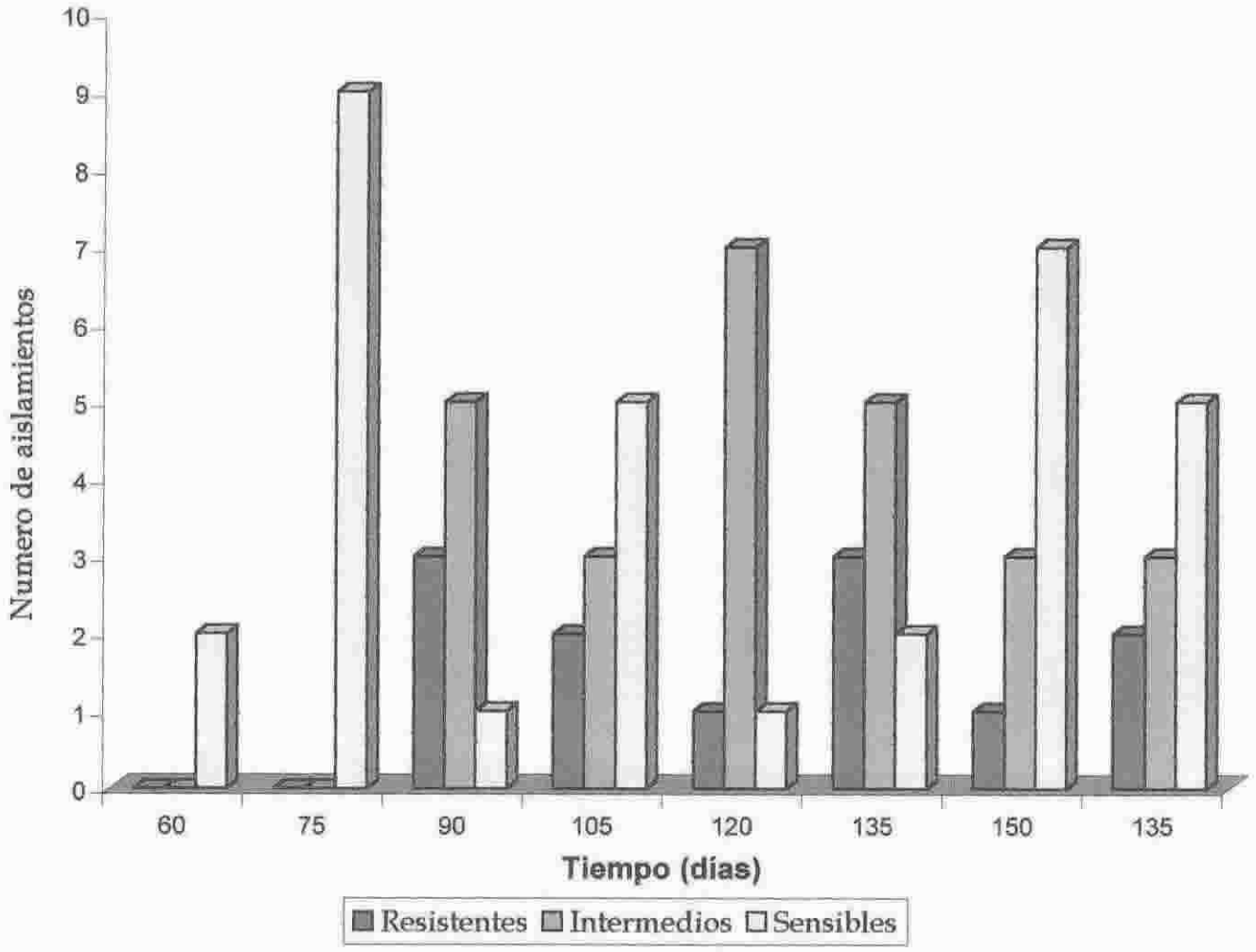

Figura 3. Frecuencia de aislamientos resistentes, intermedios y sensibles a Metalaxyl en Marengo a partir del segundo mes del ciclo del cultivo.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

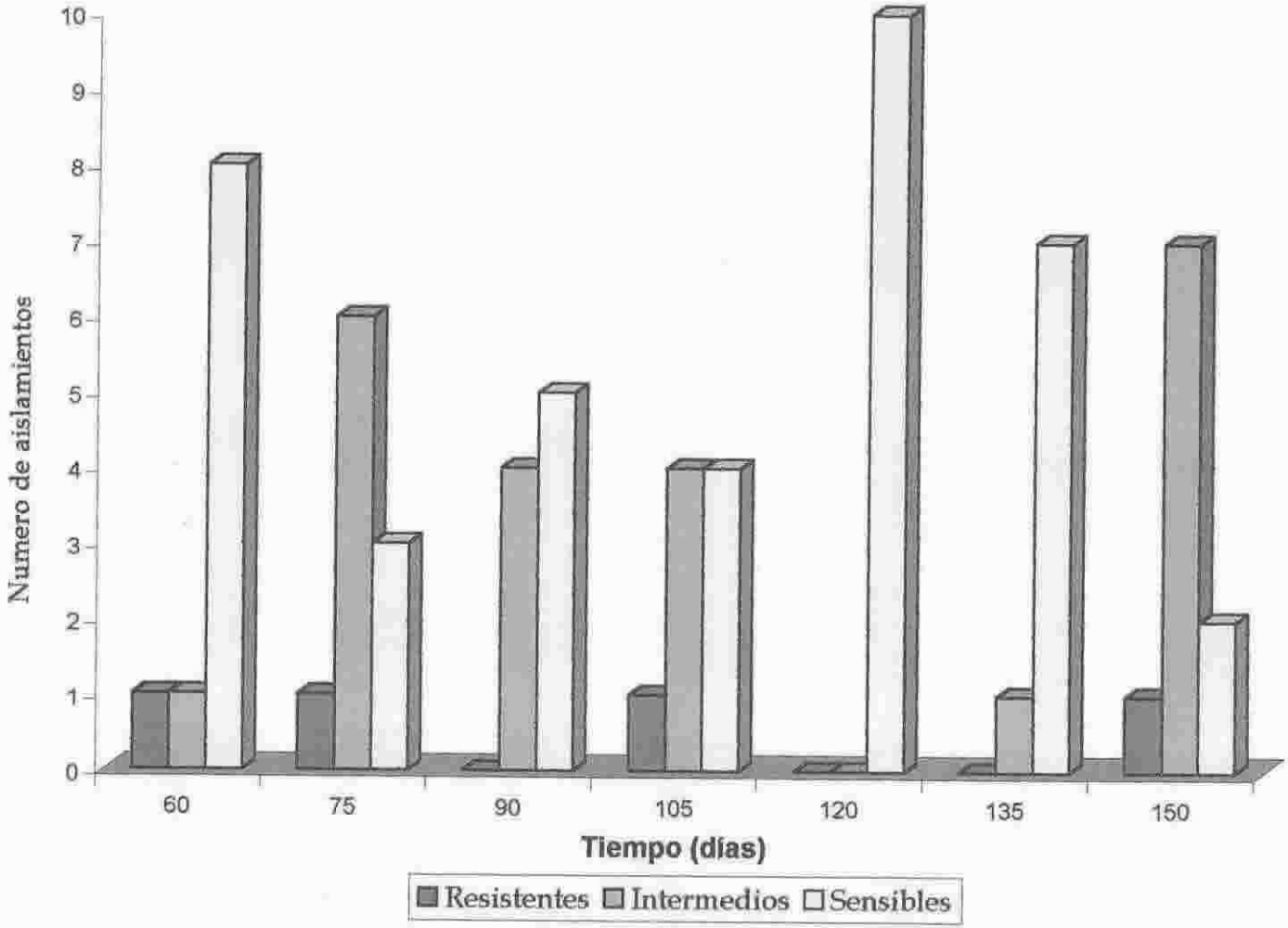

Figura 4. Frecuencia de aislamientos resistentes, intermedios y sensibles a Metalaxyl en San Jorge a partir del segundo mes del ciclo del cultivo

La distribución de la sensibilidad a 12.5 $\mu g.mL^{-1}$ de la población de Marengo, tuvo un comportamiento bimodal (Fig. 5) con un pico correspondiente a aislamientos resistentes, y un pico correspondiente a los aislamientos con crecimiento alrededor del 65%. El segundo pico fue desapareciendo a medida que se incrementa la concentración de fungicida y se concentra en un crecimiento unimodal donde la mayoría de los aislamientos son sensibles a esas concentraciones.

La distribución de la sensibilidad a 12.5 $\mu g.mL^{-1}$, de ambas poblaciones de Marengo y San Jorge, tuvo un comportamiento bimodal (Fig. 5y 6) con un pico alto correspondiente a aislamientos sensibles, y un pico menor correspondiente a los aislamientos con crecimiento alrededor del 65%. El segundo pico fue desapareciendo a medida que se incrementó la concentración de fungicida y se convirtió en un crecimiento unimodal donde la mayoría de los aislamientos son sensibles a esas concentraciones.

Sensibilidad A Cymoxanil

Ambas poblaciones de *P. infestans* también fueron variables en la sensibilidad a cymoxanil, los EC_{50} fueron muy bajos. Según la clasificación de Therrien *et al.*, (1993) (Fig. 7 y 8) en Marengo y San Jorge no se presentaron aislamientos resistentes, aunque en Marengo se presentó un aislamiento que pudiera considerase resistente cuyo valor EC_{50} fue de 0.59 $\mu g.mL^{-1}$. En Marengo, los

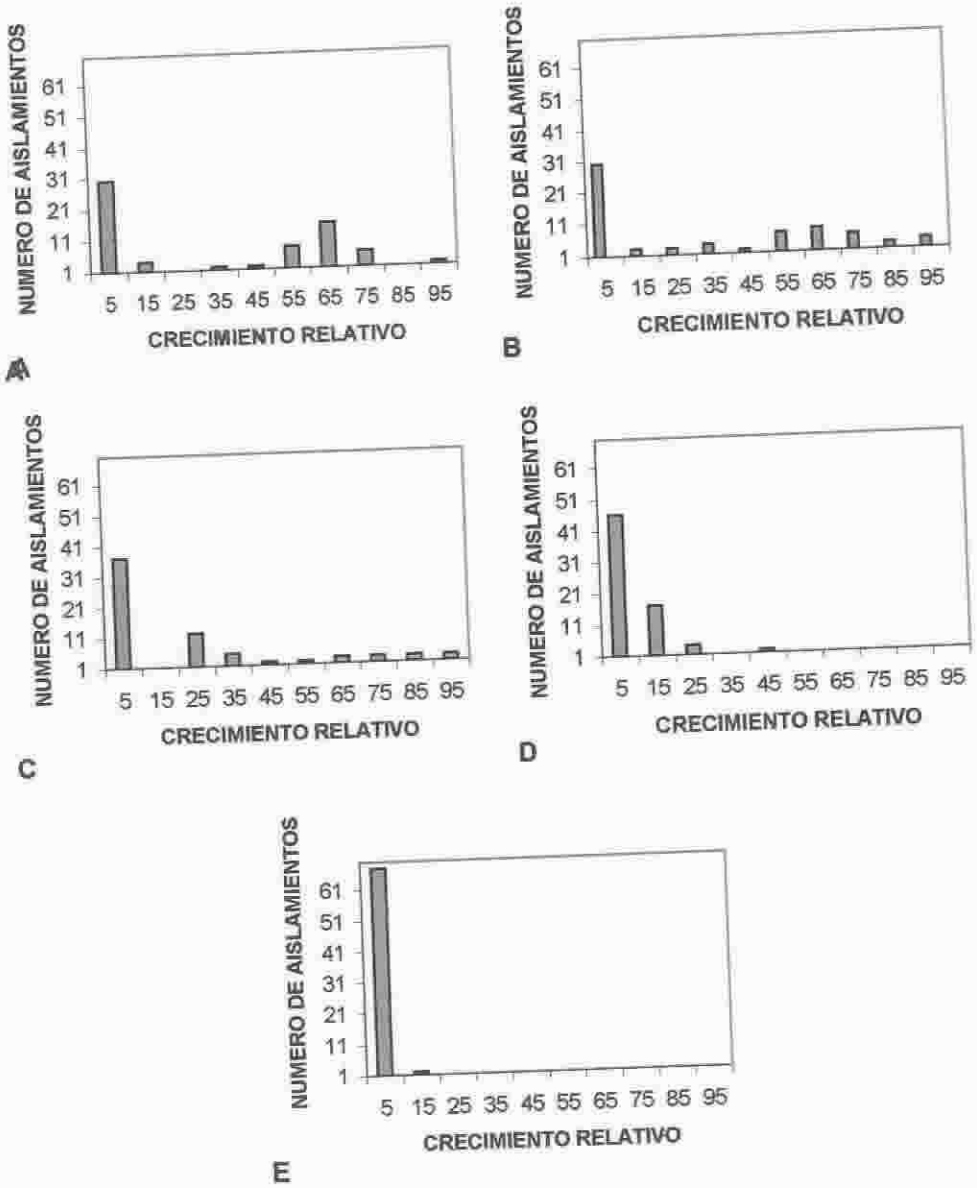

Figura 5. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Metalaxyl en dosis de: A, 12.5 ug/ml, B, 320 ug/ml, C, 625 ug/ml, D,1600 ug/ml y E, 3200 ug/ml.

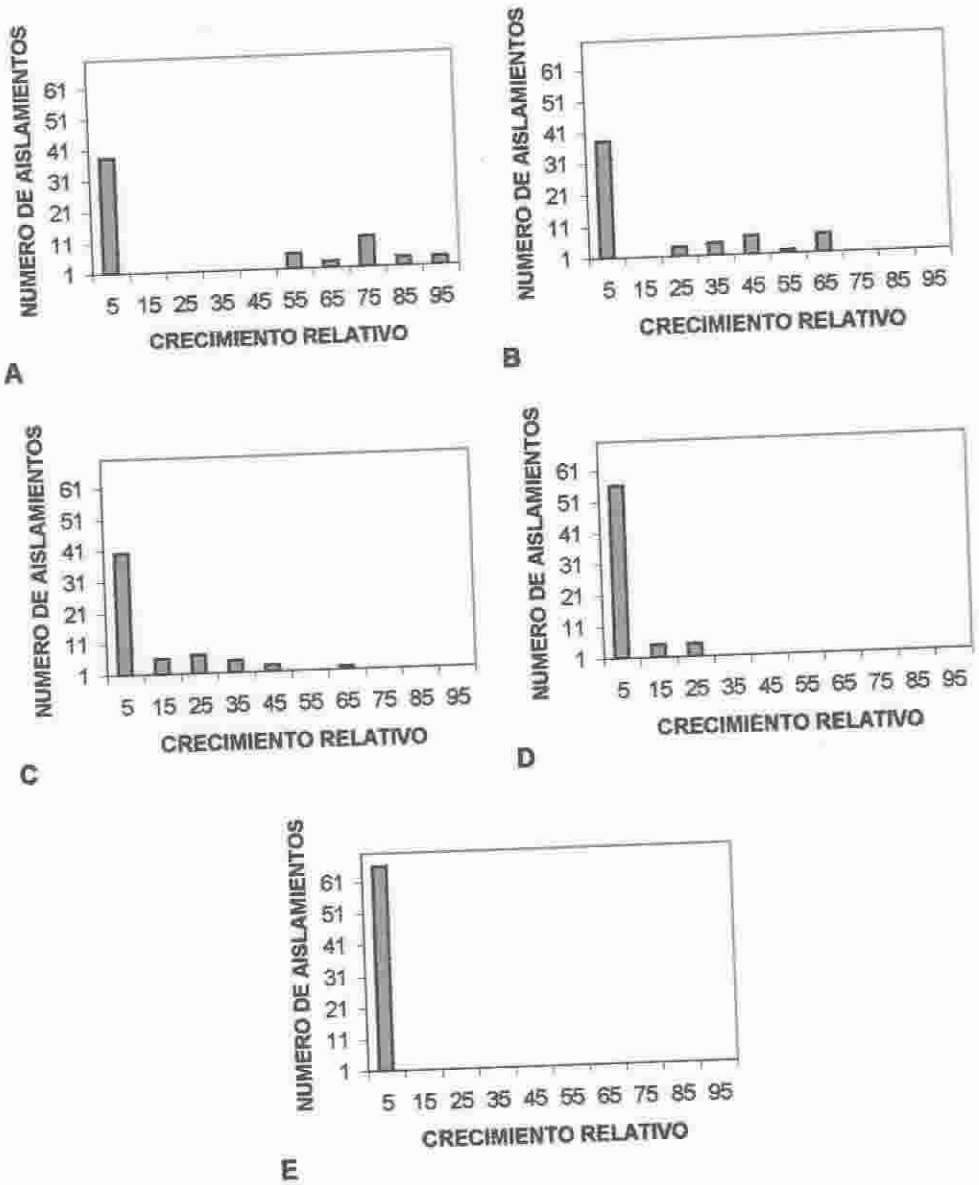

Figura 6. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Metalaxyl en dosis de: A,12.5 ug/ml, B, 320 ug/ml, C, 625 ug/ml D, 1600 ug/ml y 3200 ug/ml.

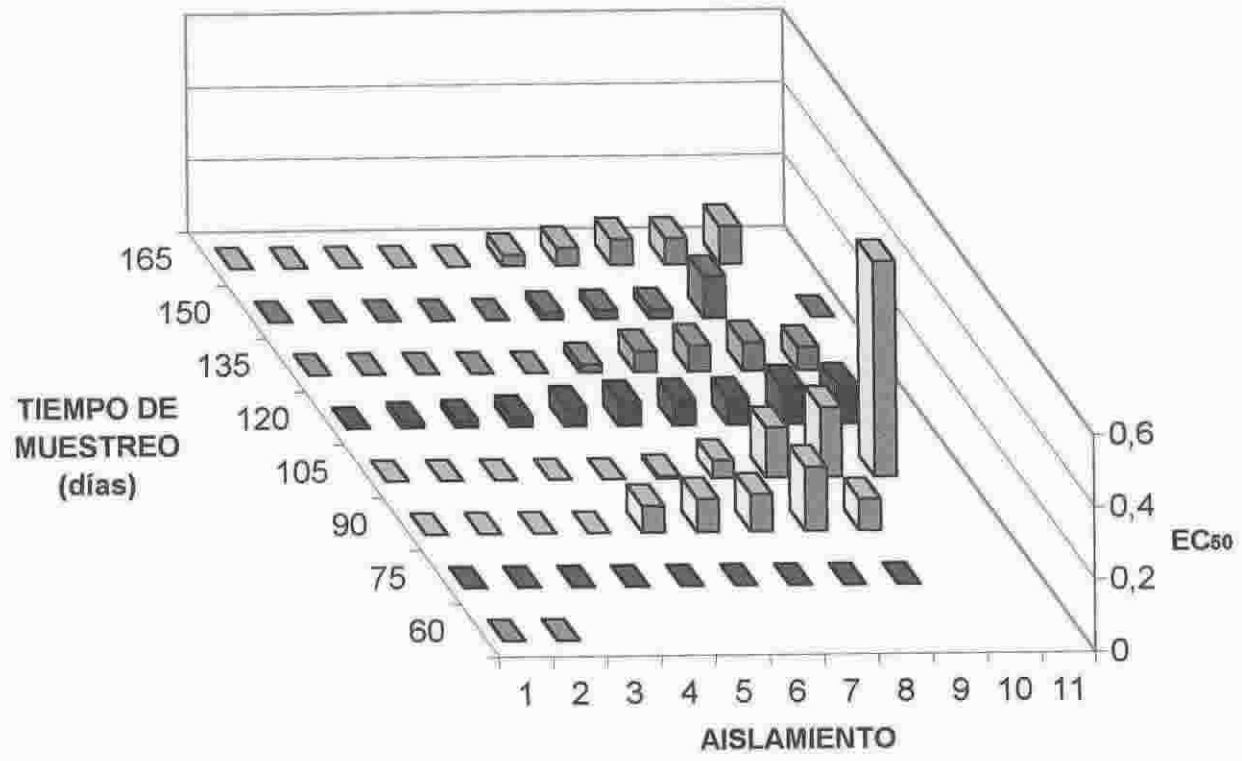

Figura 7. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida cymoxanil durante ocho fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo.

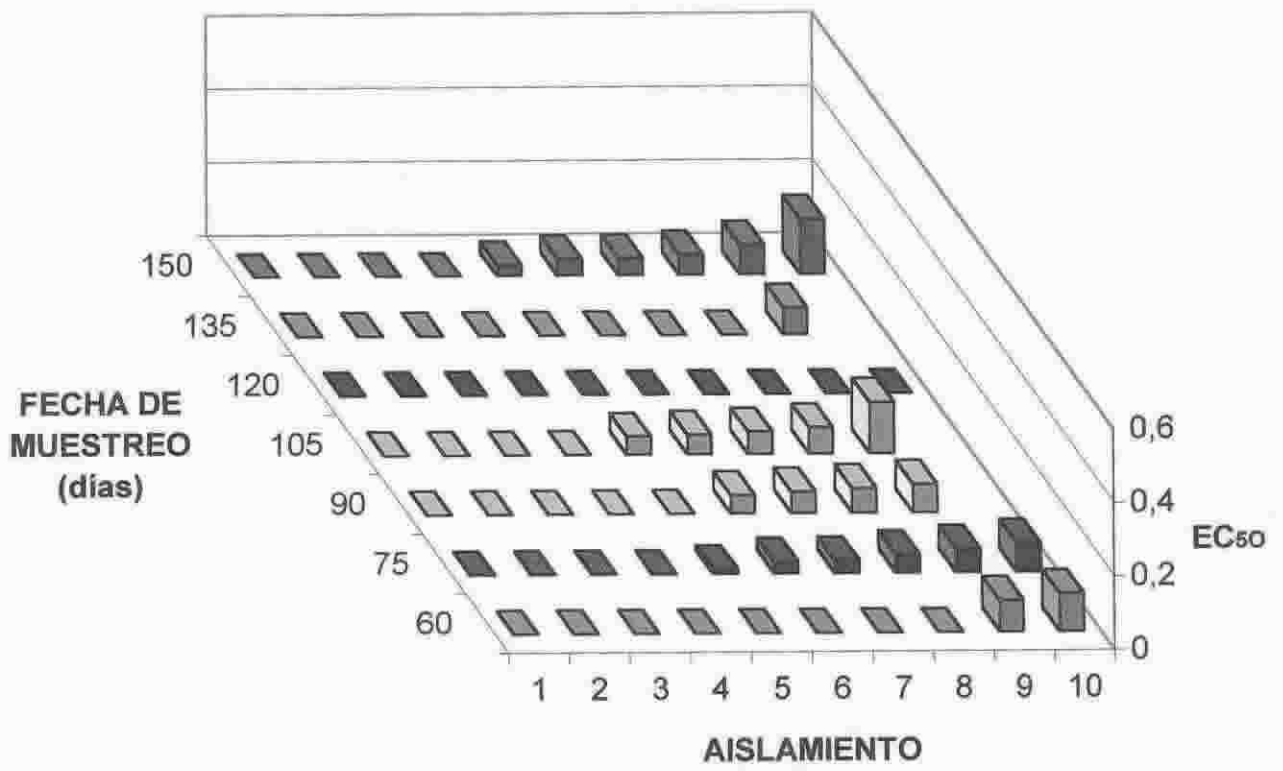

Figura 8. EC_{50} ordenados de menor a mayor de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida cymoxanil durante siete fechas de muestreo a partir del día 60 de emergencia del cultivo.

aislamientos sensibles a cymoxanil correspondieron al 87.14% de la población. (61/70), y los intermedios al 12.86% (9/70); no hubo aislamientos resistentes.

En San Jorge los aislamientos sensibles correspondieron al 95.45% (63/66), y los intermedios al 4.55% (3/66); no hubo aislamientos resistentes (Cuadro 2).

CUADRO 2. Frecuencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* según el grado de sensibilidad a Cymoxanil[a].

	EC_{50} ($\mu g.mL^{-1}$)[b]			
LOCALIDAD	<0.1 Sensible	0.1-1 Intermedio	1-10 Intermedio	> 10 Resistente
MARENGO	61	9	0	0
SAN JORGE	63	3	0	0

a: Clasificación según Sujkowsky *et al.*, (1995).
b : **EC_{50}** Concentración de fungicida ($\mu g.mL^{-1}$) que inhibe el 50% de crecimiento micelial.

En Marengo, los EC_{50} promedio de cada fecha fueron: 0.0, 0.0, 0.23, 0.14, 0.05, 0.23, 0.02 y 0.03 $\mu g.mL^{-1}$. En San Jorge estos fueron: 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.0, 0.01 y 0.04 $\mu g.mL^{-1}$.

De los 70 aislamientos colectados en Marengo, en todo el ciclo, 38 no crecieron ni aún en medio enmendado con la dosis mas baja de cymoxanil (0.0125 $\mu g.mL^{-1}$). En San Jorge se colectaron 66 aislamientos y de estos 42 no crecieron en la dosis más baja. De los aislamientos de Marengo que crecieron en la dosis mas baja, el

crecimiento relativo varió entre 15.22% (aislamiento 30M) y 72.62% (aislamiento 55M) con promedio de 33.89 y mediana de 0.04. De los aislamientos de San Jorge que crecieron en la dosis mas baja, el crecimiento relativo varió entre 18.18% (aislamiento 13SJ) y 80.21% (aislamiento 65SJ) con promedio de 34.89. No se presentó crecimiento a la dosis más alta en ninguno de los aislamientos evaluados.

La distribución de la sensibilidad a 12.5 $\mu g.mL^{-1}$, de ambas poblaciones de Marengo y San Jorge, tuvo un comportamiento bimodal (Fig. 9 y 10) con un pico alto correspondiente a aislamientos sensibles, y un pico menor correspondiente a los aislamientos con crecimiento alrededor del 50%. El segundo pico fue desapareciendo a medida que se incrementó la concentración de fungicida y se convirtió en un crecimiento unimodal donde la mayoría de los aislamientos son sensibles a esas concentraciones.

Sensibilidad a Propamocarb

Según la clasificación de Shattock (1988), en Marengo, los aislamientos sensibles a propamocarb en la dosis de 1.75 $\mu g.mL^{-1}$ representaron el 50% de la población (35/70), los intermedios el 42.85% (30/70) y los resistentes el 7.15 % (5/70). En San Jorge, los aislamientos sensibles representaron el 48.48% (32/66), los intermedios el 46.96% (31/66) y los resistentes el 4.55% (3/66). En Marengo, los aislamientos sensibles a propamocarb en la dosis de 17.5 $\mu g.mL^{-1}$ representaron el 48.57% de la población (34/70), los intermedios el 42.85% (30/70) y los

resistentes el 8.58% (6/70). En San Jorge los aislamientos sensibles representaron el 51.51% (34/66), los intermedios el 45.45% (31/66) y los resistentes el 3.04% (2/66) (Cuadro 3).

CUADRO 3. Frecuencia de aislamientos de *Phytophthora infestans* según el grado de sensibilidad a Propamocarb[a].

LUGAR	% Crecimiento Relativo[b]					
	Susceptible	Intermedio	Resistente	Susceptible	Intermedio	Resistente
MARENGO	35	30	5	34	30	6
SAN JORGE	32	31	3	34	30	2

a: Clasificación según Shattock, (1988)
b: Porcentaje con relación al crecimiento de cada aislamiento en medio con fungicida.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

De igual manera, para las pruebas realizadas con propamocarb la mayoría de aislamientos presentaron alta sensibilidad a las dosis más bajas del producto tanto en Marengo como en San Jorge. De los 70 aislamientos evaluados en Marengo 33 crecieron a la dosis más baja (1.75 µl/ml) Sin embargo, los aislamientos 29M, 25M, 18M y 12M de Marengo presentaron resistencia con un crecimiento relativo del 70%, 125%, 62.37% y 60.8% respectivamente, para la dosis de 17.5 µl/ml. En San Jorge únicamente los aislamientos 18SJ y 7SJ presentaron este comportamiento con un crecimiento del 80% para ambos casos en la dosis más alta.

La distribución de la sensibilidad a 1.75 µl/ml, de ambas poblaciones de Marengo y San Jorge, tuvieron un comportamiento bimodal (Fig.11 y 12) con un pico alto correspondiente a aislamientos sensibles, y un pico muy pequeño correspondiente a los aislamientos con crecimiento alrededor del 55%. A diferencia del comportamiento de metalaxyl M y cymoxanil, en la dosis mas alta de Propamocarb (17.5 µl/ml), se mantuvo un comportamiento bimodal pero el segundo pico se baja alrededor del 35%.

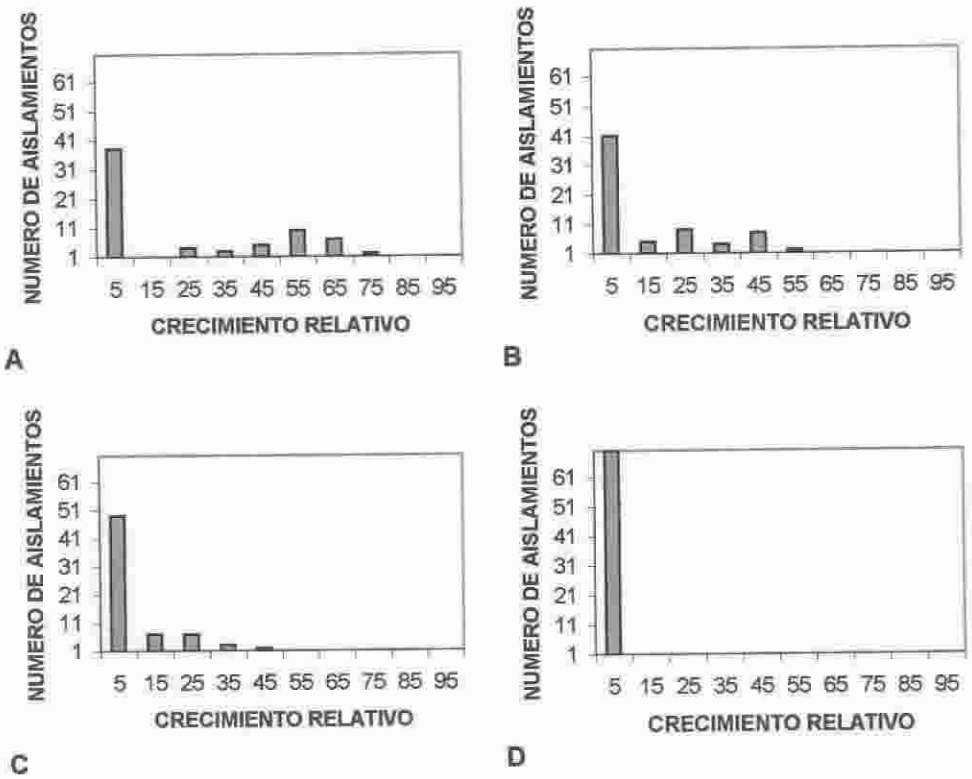

Figura 9. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida Cymoxanil en dosis de: A, 0.0125 ug/ml, B, 0.320 ug/ml, C, 0.625 ug/ml y D,1.2ug/ml.

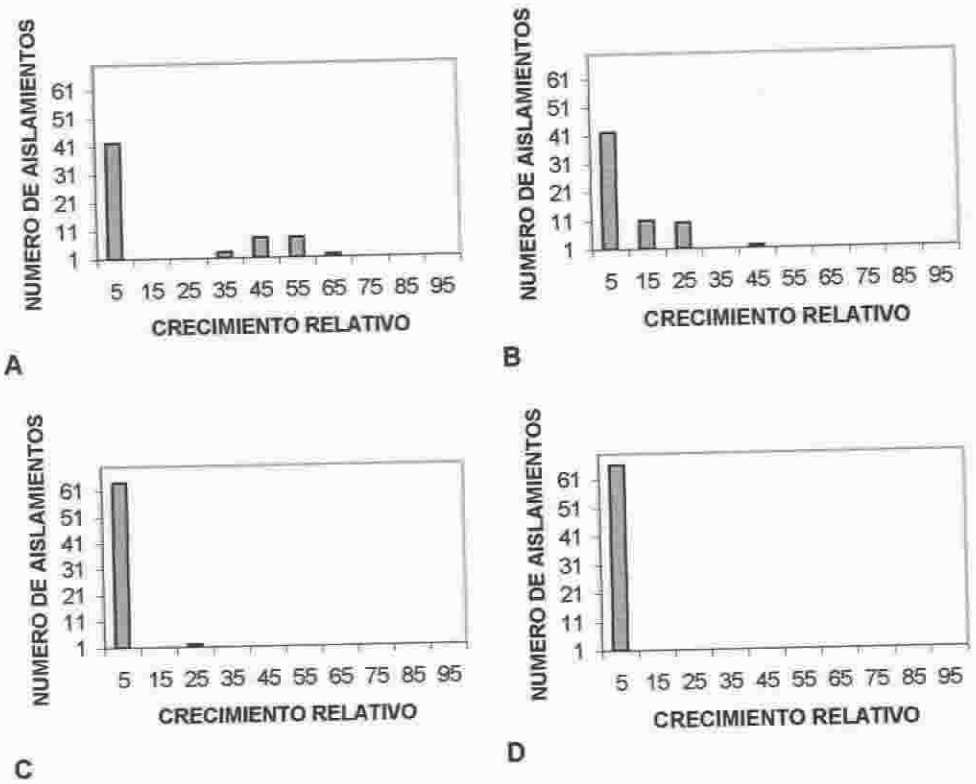

Figura 10. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San Jorge con el fungicida Cymoxanil en dosis de: A, 0.0125 ug/ml, B, 0.320 ug/ml, C, 0.625 ug/ml y D, 1.2ug/ml.

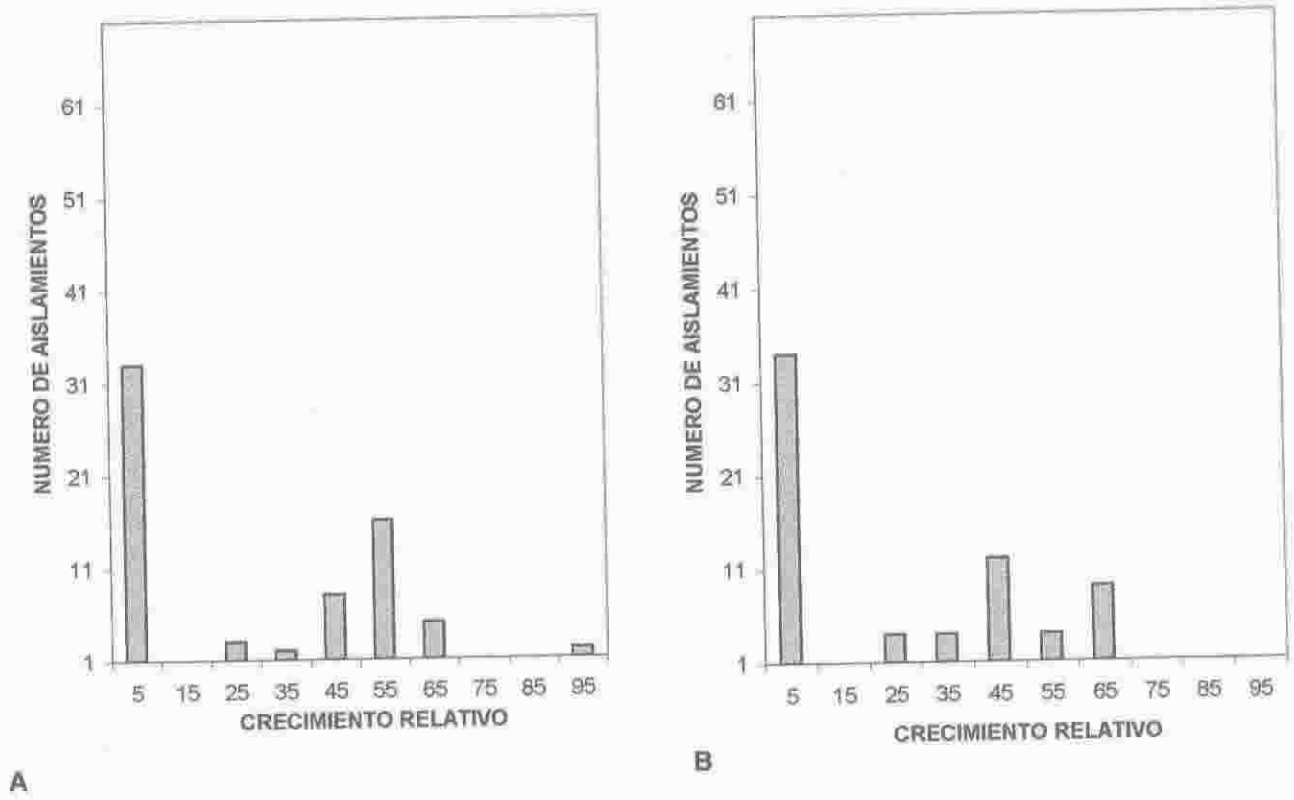

Figura 11. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 70 aislamientos evaluados en Marengo con el fungicida propamocarb, en dosis de: A, 1.75 ul/ml y B, 17.5 ul/ml.

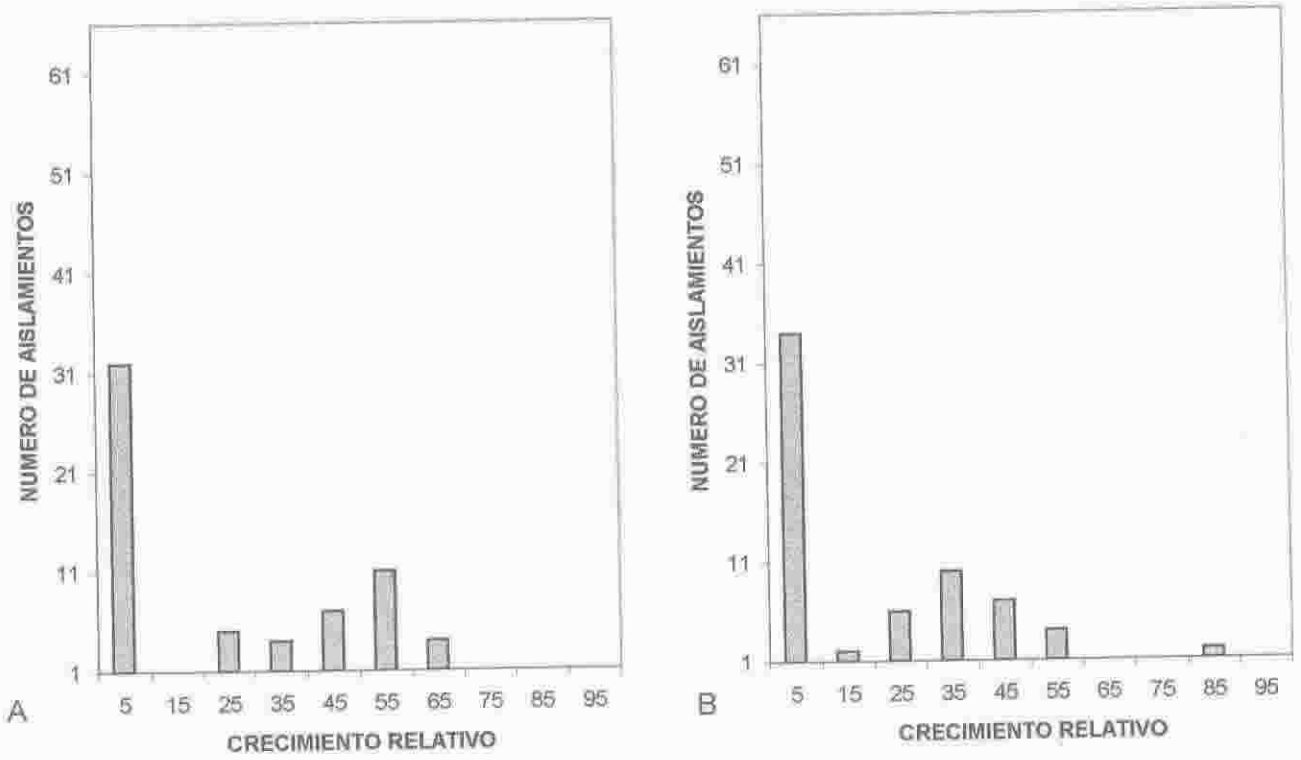

Figura 12. Distribución del número de aislamientos de acuerdo con el crecimiento relativo de los 66 aislamientos evaluados en San jorge con el fungicida propamocarb, en dosis de A, 1.75 ul/ml y B, 17.5 ul/ml.

DISCUSION

En cuanto a la sensibilidad a metalaxyl M la población de *P. infestans* para ambos sitios se vio afectada por altos valores EC_{50}, esto debido a que en algunos aislamientos se presentó un crecimiento directamente proporcional a la concentración del fungicida. Aunque estos aislamientos se reevaluaron por presentar un comportamiento inusual se encontró la misma respuesta. Sin embargo, en ensayos realizados por Goodwin *et al*,. (1996) cuando encontraron este tipo de datos no los incluyeron dentro del análisis final. Descartando estos datos, la población de *P. infestans* en Marengo presenta un EC_{50} entre104µg/ml y 322µg/ml, mientras que en San Jorge se encuentra entre 155µg/ml y 469µg/ml, Esto demuestra valores EC_{50} relativamente altos en San Jorge a pesar de que la población no haya sido sometida a ningún tipo de presión de selección directa por parte de metalaxyl M, como se manifestó en Marengo. En San Jorge por ser un lote experimental no se hizo ninguna aplicación de fungicidas sistémicos. Sin embargo, después de haber sido aplicado el fungicida protectante macozeb, se redujo considerablemente la población de individuos resistentes a metalaxyl M. *P. infestans* tiene una con alta capacidad reproductiva, esta característica hace al patógeno eficiente en su capacidad adaptativa, además, por ser un patógeno aéreo puede abarcar grandes extensiones estableciéndose rápidamente individuos resistentes dentro de una población.

En Marengo los aislamientos tomados en los primeros muestreos presentaron alta sensibilidad a metalaxyl M. Entre el cuarto y quinto muestreo realizado en esta zona se hizo aplicación del fungicida en dosis comerciales. En esta época la población de individuos resistentes comenzó a incrementarse debido a la presión de selección a que fue sometida. Es así como dentro de una población se presentan individuos con resistencia preexistente a fenilamidas, actuando el fungicida como un factor de selección, incrementando a su vez el número de individuos resistentes hasta convertirse en un factor importante de las enfermedades epidémicas, tal como lo plantean varios investigadores (Dagget *et al.*, 1993; Gisi y Cohen, 1996).

No se sabe exactamente si la aplicación de fungicidas sistémicos en lotes aledaños al área experimental pudiera afectar la frecuencia de aislamientos resistentes o si por el contrario el muestreo realizado en esa fecha solo evidenció la presencia de aislamientos sensibles. San Jorge no es una región productora de papa, por lo que se hubiera esperado que la frecuencia de individuos resistentes fuera mucho más baja que en Marengo. Sin embargo, durante el tiempo del muestreo hubo cultivos de papa comerciales Aunque relativamente distantes del sitio de muestreo.

Por otro lado la distribución de la sensiblidad en las poblaciones de Marengo y San Jorge a la dosis más baja presentó un comportamiento bimodal que puede darse por las variaciones genéticas de *P. infestans* ante la presencia del fungicida

metalaxyl M. Sin embargo, con el resto de dosis se presenta un comportamiento unimodal que es propio de poblaciones con baja heterogeneidad en sensibilidad a metalaxyl o de aquellas conformadas por un solo linaje clonal demostrando así que predominan en la población individuos de un solo tipo, y que en nuestras condiciones solo se evidencia con estos datos la presencia de un linaje clonal, (Fry *et al.*, 1991).

Para el caso de cymoxanil aunque los valores EC_{50} fueron relativamente bajos para ambas poblaciones, mostrando una población homogénea en cuanto a la alta sensibilidad a cymoxanil. Por lo tanto no se evidenció la presencia de aislamientos resistentes. No existen reportes a nivel mundial de resistencia al fungicida cymoxanil tal como lo demuestran trabajos realizados por Sujkowski *et al.*, (1995) y Hamlen y Power (1998) donde los valores EC_{50} no fueron superiores a 10 ppm para ser considerados como individuos resistentes. En un reporte preliminar de este trabajo (Salazar y Garcia, 1999) se sugirió la presencia de individuos resistentes referencia al aislamiento cuyo EC_{50} fue de 0.59 $\mu g.mL^{-1}$. Este aislamiento tuvo un crecimiento relativamente alto en comparación con el comportamiento de la población. Sin embargo según la clasificación de Sujkowsky *et al.*, (1995), no pudo considerarse un aislamiento resistente.

Para el caso del fungicida propamocarb los resultados muestran que en las dos concentraciones evaluadas no se encuentran diferencias en cuanto al crecimiento

del micelio posiblemente porque el efecto de este quimico es antiesporulante más que tener un efecto en el crecimiento del micelio.

CONCLUSIONES

En los dos sitios se presento una frecuencia mayor de aislamientos sensibles al fungicida metalaxyl M.

Los valores EC_{50} para el fungicida metalaxyl M, fueron relativamente bajos en los dos sitios.

No se presentaron aislamientos resistentes con los fungicidas cymoxanil y propamocarb.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
U.N. COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

Castaño, J. 1994 Principios básicos de fitopatología. Segunda Edición. Escuela Agricola Panamericana Zamorano. Honduras. Academic Press. 518p.

Davidse, L.C., Danial, D. L. y Van Western, C.J. 1983. Resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* in the Netherlands. Neth.J. Plant Pathology 87: 65-68.

Deahl, K., Inglas, D.A. y DeMunth, S. P. 1993. Testing for resistance to metalaxyl in *Phytophtora infestans* isolates from northwestern Washington. American Potato Journal 70:779-795.

Deahl, K., Rivera, A., DeMuth, S.P. y Sieden, S. L. 1995. Identification of mating types and metalaxyl resistance in north american populations of *Phytophthora infestans*. American Potato Journal 72:35-49.

Dekker, K. 1987. Development of resistance to modern fungicides and strategies for its avoidance. En: Modern Selective Fungicides. Longman Scientific and Thecnical. Harlow. U. K. Jena. Pp 39-52.

Erwin, D. 1996. *Phytophthora infestans*. Phytophthora Diseases Worldwide. APS Press. St. Paul. 562p.

FEDEPAPA. 1996-1997. Vademecun del cultivo de la papa. Primera Edición. Santafe de Bogota (Colombia). 171p.

Fry, W., Drenth, L. Spielman, J., Mantel, B., Davidse, L. y Goodwin, S. 1991. Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in the Netherlands. Phytopathology 81:1330-1336.

Gisi, U. y Cohen, Y. 1996. Resistance to phenylamide fungicides: A case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. Annu. Rev. Phytopathol. 34: 549-572.

González, G. P. 1997. Caracterización de las poblaciones de *Phytophthora infestans* en el altiplano cundiboyacense con base en el tipo de apreamiento y sensibilidad al fungicida sistémico metalaxyl . Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Bogotá. 78p.

Goodwin, S., Spielman, L. Matuszzak, J. Bergeron, S. y Fry, W. 1992. Clonal diversity and genetic differentiation of *Phytophthora infestans* populations in northern and central México. Phytopathology 82: 955-961.

Goodwin, S., Cohen, B., Deahl, K. y Fry, W. 1994. Migration from northern México as probable cause of recent genetic changes in population of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada. Phytopathology 84: 553-558.

Goodwin, S., Sujkowski, L., y Fry, W. 1996. Widespread distribution and probable origen of resistance to metalaxyl in clonal genotipes of *Phytophthora infestans* in the United States and Western Canada. Phytopathology 86: 793-800.

Hamlen, R.A. y Power J.R. 1996. Natural variation in sensitivity of *Phytophthora infestans* to curzate©. Am. Potato Journal 73: 360.

Hamlen, R.A. y Power J.R. 1998. Distribution of sensitivity responses to Cymoxanil within global population of natural variation in sensitivity of *Phytophthora infestans*. Pestic. Sci. 53:101-103.

Kadish, D. y Cohen,Y. 1988. Estimation of metalaxyl resistance in *Phytophthora infestans*. Phytopathology 78:915-919

Kadish, D. Grinberger, M. y Cohen,Y. 1990 Fitness of metalaxyl -sensitive and metalaxyl -resistant isolates of *Phytophthora infestans*. on susceptible and resistant potato cultivars. Phytopathology 80:200-205

Köller, W. Fungicide resistance in plant pathogens. 1992. CRC handbook of pest management in agriculture. Vol II. Academy Press. 679-720p.

Lopez O, J., Marquez, M. y Marquez, J. 1997. Aspectos genéticos y bioquímicos de la resistencia a fungicidas. IV foro de Sanidad Vegetal y I Seminario Nacional Sobre la Gota de la Papa. Universidad Nacional de Colombia sede Medellin. 45-49p

Navarro, R. 1981. Resistencia de *Phytohthora infestans* al fungicida sistémico Metalaxyl . ASCOLFI informa (Colombia) 1:2

Ortiz, B. 1990. Manejo de la resistencia a fungicidas. En: Manejo de la Resistencia a Fungicidas. Ciba Geigy. México pp 1-28.

Samoucha, Y. y Gisi, U. 1987. Sy

.stemicity and persistence of Cymoxanil in mixture with Oxadixyl and Mancozeb against *Phytophthora infestans* and *Plasmopara viticola*. Crop Protection 6: 393-398.

Sañudo, B., Molina, L. A., Rosero, G. y Ortiz, M. 1991. Efecto de cuatro fungicidas

en el control de la gota de la papa en una zona del departamento de Nariño. Fitopatología Colombiana (Memorias) 15:30

Schwinn, F. y Margot, P. 1991. Control with chemicals. Advances in plant pathology. Vol 7. Academic Press. 225-265p.

Shattock, R. C. 1988. Studies on the inheritance of resistance to Metalaxyl in *Phytophthora infestans*. Plant Pathology 37: 4-11.

Staub, T. 1991. Fungicide reistance: Practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. Ann. Rev. Phytopat. 29: 421-441.

Sujkowski, L. S., Fry, B.A, Power, R.J., Goodwin, S. B., Peever, T.L., Hamlen, R.A. y Fry, W. E. 1995. Sensitivities of Mexican isolates of *Phytophthora infestans* to chlorothalonil, Cymoxanil and Metalaxyl . Plant Disease 79: 1117-1120.

Tellez, J. y Fierro, H. 1997. Motivaciones y uso de plaguicidas en el cultivo de la papa. Corpoica. Programa Regional de Transferencia de Tecnología. C.I. Tibaitatá. 36p. Bogotá, Colombia.

Therrien, C. Tooley, P., Spielman, L., Fry W., D. Ritch, y S. Shelly. 1993. Nuclear DNA Content, allozyme phenotypes and metalaxyl sensitivity of *Phytophthora infestans* from Japan. Mycol. Res. 97: 945-950.

Young, R. Bhatia, S. y Pencis, S. 1979. Control of potato late blight by the systemic fungicide N-(2-6 dimethylphenyl)-N-(methoxy ac etyl)-alanine metyl ester (CGA 48988). Phytopathology 69:538. (Abstr.)

Anexo 1. **Fungicidas usados en Colombia para el control de la gota de la papa ocasionada por el patógeno *P. infestans*.***

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Modo de acción
Antracol WP 70	Propineb WP 70	Protectante
Bravo 500	Clorotalonil 500g/L	Protectante
Bravo S.C.	Clorotalonil 249g/L Azufre 355g/L	Protectante
Brestanid	Fentin hidróxido	Protectante
Clortocaffaro	Clorotalonil	Protectante
Cobretane	Mancozeb Oxicloruro de Cobre	Preventivo
Curathane	Cymoxanil Mancozeb	Sistémico y protectante
Curzate	Cymoxanil 8% Mancozeb 64%	Sistémico
Daconil	Clorotalonil 75%	Protectante
Dithane M45	Mancozeb 80%	Preventivo
Duter	Trifenil hidoxido de estaño	Protectante
Fitorax WP 76	Cymoxanil 6% Propineb WP 70	Sistémico
Grolan W.P	Orfurace 6% Mancozeb 64%	Curativo y preventivo
Kocide 101	Hidróxido cúprico	Protectante
Manzate 200	Mancozeb 80%	Protectante
Orthocide	Captan	Erradicante
Polyran	Metiran polímero de tris	Preventivo
Previcur N	Propamocarb	Preventivo, curativo y sistémico
Rhodax	Fosetil Al Mancozeb	Preventivo y curativo
Ridomil 58 W.P	Metalaxyl Mancozeb	Sistémico
Ridomil Gold	Metalaxyl Mancozeb	Sistémico
Sandofan	Oxadixil Mancozeb	Sistémico
Veranero 72 WP	Metalaxyl Mancozeb	Sistémico
Vondozeb	Mancozeb 80	Protectante

* (Fedepapa, 1997)

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
ICA COLOMBIA