

## EL MONITOREO Y MANEJO DE LA RESISTENCIA A LOS FUNGICIDAS EN CUBA

Berta Lina Muño García,<sup>1</sup> Luis Pérez Vicente,<sup>1</sup> Ángel Pollanco Aballe,<sup>2</sup> Isabel Ponciano,<sup>2</sup> María Elena Lorenzo Nicao,<sup>2</sup> Esther Lilliam Martín Triane,<sup>2</sup> María de los Ángeles González Valdés,<sup>2</sup> Raquel Aréballo Aréballo,<sup>2</sup> Judysneidi Rodríguez Núñez,<sup>2</sup> Marialys Trujillo Albelo<sup>2</sup> y Yasmiani Santana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5.<sup>a</sup> B y 5.<sup>a</sup> F, Playa, Ciudad de La Habana, CP 11600 bertam@inisav.cu

<sup>2</sup> Laboratorios provinciales de sanidad vegetal

### RESUMEN

El uso de fungicidas sistémicos es todavía necesario en la práctica agrícola de importantes cultivos, pero debido a los riesgos de resistencia que poseen, desde 1982 se desarrolló e implementó en el país un sistema de monitoreo para determinar el estatus de la sensibilidad de poblaciones de campo, el cual comprende un conjunto de métodos de laboratorio estandarizados, así como monitoreo de las enfermedades y de la eficacia de los fungicidas en campo. Se detectó y estudió la evolución de la resistencia de *Peronospora tabacina*, *Phytophthora nicotianae* y *P. infestans* a las fenilamidas; *Mycosphaerella musicola* a los benzimidazoles, triazoles y morfolinis; *M. citri* a los benzimidazoles; *Alternaria solani* y *A. porri* a los triazoles y dicarboximidis, *Penicillium spp.* y *Lasiodiplodia theobromae* al tiabendazol. Se implementó el sistema de gestión para el manejo de los fungicidas y la fungorresistencia, que incluye el monitoreo de sensibilidad de las poblaciones fúngicas, la vigilancia de la eficacia de los fungicidas en el campo, el monitoreo de la evolución de las enfermedades y su relación con el clima, y la elaboración oportuna de estrategias de control nacional y locales. Esto permitió una reducción de las aplicaciones entre 37,5 y 50% respecto a la estrategia convencional por programas, con una reducción importante del impacto negativo en el ambiente y la disminución de pérdidas económicas por concepto de gastos adicionales de fungicidas y daños a los cultivos por causa de las enfermedades.

Palabras claves: fungicidas sistémicos, resistencia, monitoreo

### ABSTRACT

The use of systemic fungicides is still necessary in actually agriculture of important crops, but due to the resistance risks that they have, it was developed and it implemented in the country a monitoring system to determine status of field populations sensitivity from year 1982, which include a set of standardized laboratory methods as well as the monitoring of diseases and the fungicides effectiveness in field. The evolution of resistance of *Peronospora tabacina*, *Phytophthora nicotianae* and *P. infestans* to phenilamides; *Mycosphaerella musicola* to benzimidazols, triazols and morfolines; *M. citri* to benzimidazols; *Alternaria solani* and *A. porri* to triazoles and dicarboximidis, *Penicillium spp.* and *Lasiodiplodia theobromae* to tiabendazol were detected and studied. A measure system for management of fungicides and fungo-resistance was implemented, and that includes the monitoring of sensibility of fungi populations, the monitoring of fungicides effectiveness in field, the monitoring of diseases evolution and its relation with the climate and the opportune elaboration of national and local strategies of control. This allowed an applications reduction between 37.5 and 50% with respect to the conventional strategy by programs, with an important reduction of the negative impact in the atmosphere and the diminution of economic losses by concept of additional expenses of fungicides and damages to the cultures because of the diseases.

Key words: systemic fungicides, resistance, monitoring

### INTRODUCCIÓN

Los fungicidas se han usado desde hace alrededor de doscientos años para proteger a las plantas de las enfermedades provocadas por hongos. La protección se efectuaba al inicio principalmente a las semillas de cereales y los viñedos; sin embargo, el número de cultivos y enfermedades tratadas, el grado de químicos disponibles, el área y frecuencia de uso, y la efectividad de los tratamientos se incrementaron mucho, muy especialmente después de la segunda guerra mundial [Brent, 1995].

Dentro de los primeros grupos de fungicidas pueden citarse los derivados del cobre y los del azufre, los que

aún se usan ampliamente con efectividad. El tercer grupo corresponde a los organomercuriales, que ya se han desechado. Varios grupos como las ftalamidas, ditiocarbamatos, dinitrofenoles, clorotalonil, se han utilizado establemente por muchos años. Otro número grande de fungicidas más potentes, de nuevas estructuras y con fuerte actividad sistémica fue introducido en los finales de las décadas de los sesenta y setenta. Se incluyen a los benzimidazoles, 2-amino-pyrimidinas, carboxanilidas, fosfortiolatos, morfolinis, dicarboximidis, fenilamidas y los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol (IBE). Las nuevas introducciones des-

de 1980 fueron preferentemente análogas de los fungicidas existentes, en particular los IBE, con propiedades en general similares. Desde hace algunos años se han introducido varios compuestos nuevos comercialmente o han tenido una fase avanzada de desarrollo, en los que se incluyen los fenylpyrroles, anilino-pirimidinas y los análogos de las estrobilurinas. En la década de los noventa se utilizaron alrededor de 135 compuestos fungicidas en la agricultura mundial. El saldo total en 1993 fue de 4,7 billones de dólares [Brent, 1995; Brent y Hollomon, 1998].

A pesar de los progresos en la lucha química contra las enfermedades fúngicas, el fenómeno de resistencia de los parásitos de las plantas a los productos fitosanitarios constituye el problema que más preocupa al sector desde el punto de vista agronómico. Un grupo de sustancias químicas que ha presentado con frecuencia dicho problema son los fungicidas que atacan por vía sistémica, por lo que se han informado numerosos casos de resistencia de patógenos en el campo, lo cual provoca un desajuste en el equilibrio poblacional desde el punto de vista ecológico.

Por más de veinticinco años la industria agrícola enfrenta estos problemas. Desde los primeros casos informados mundialmente, los productores de agroquímicos, académicos y científicos, entre otros, han puesto su mayor empeño y esfuerzos encaminados a analizar los fenómenos, sus causas y establecer estrategias. En el momento actual, cuando la sostenibilidad económica, técnica y ambiental se convierte en el reto principal de la agricultura moderna, es imprescindible profundizar en los progresos mundiales para evitar el desarrollo de la resistencia a los fungicidas.

También en muchos países de Europa, Asia y América Latina, donde se emplean sistemáticamente este tipo de fungicidas, se realizan serios trabajos investigativos y de aplicación con el fin de detectar a tiempo la posible aparición de resistencia para evitar pérdidas de producción en los cultivos de importancia económica.

En Cuba, desde 1982 con la detección por primera vez de resistencia de *Mycosphaerella musícola* al benomyl en el cultivo del banano [Pérez *et al.*, 1985], se iniciaron las investigaciones relacionadas con esta temática, con el objetivo de reducir la población total de los organismos objeto de control para evitar el desarrollo de la

resistencia, y por otra parte reducir el número de aplicaciones químicas. Las soluciones desarrolladas en Cuba desde la década de los ochenta se refieren a la implementación de programas de manejo integrado, que incluyen los métodos genéticos, biológicos y culturales armónicamente combinados con la aplicación de fungicidas, de tal forma que ofrezcan una opción satisfactoria para reducir la presión de selección hacia la resistencia como contribución al desarrollo de una agricultura sostenible.

Este trabajo pretende realizar una revisión de los éxitos de casi dos décadas de trabajo, para evitar o manejar la resistencia de los patógenos fúngicos a los fungicidas.

### Métodos para los ensayos de resistencia

Los investigadores adaptaron los métodos para la determinación de la fungotoxicidad para medir la resistencia. Georgopoulos (1982) hizo una revisión sobre estos procedimientos, y también Ogawa *et al.* (1979) y Brent (1982), La FAO (1982) además publicó métodos estandarizados para un gran número de patógenos. El Comité de Acción para la Resistencia a los Fungicidas (FRAC), del Grupo Internacional de Asociaciones Nacionales de Productores de Agroquímicos (Gifap), publicó un conjunto de métodos para la detección de resistencia a los benzimidazoles, inhibidores de la biosíntesis de ergosterol, dicarboximidias [Duvauchell, 1991] y las fenilamidias [Gisi, 1992].

Pérez y Mauri (1981) desarrollaron por primera vez en Cuba un método simple para medir la sensibilidad de varios patógenos al carbendazim. Posteriormente se estudiaron y adaptaron métodos más específicos para diferentes combinaciones hongo-fungicidas, como *Mycosphaerella* spp.-benomyl [Muiño, 1988], *Phytophthora infestans*-metalaxyl [Muiño *et al.*, 1990a], *Peronospora tabacina*-metalaxyl, *Alternaria* spp.-dicarboximidias [Muiño *et al.*, 1990b], *Phytophthora nicotianae*-metalaxyl [Muiño *et al.*, 1990c], *Penicillium* spp. y *Lasiodiplodia theobromae*-thiabendazol [Muiño *et al.*, 1992] y *Mycosphaerella* spp.-IBE [Muiño, 1990b; Pérez y Battle, 1993]. Los métodos generales estandarizados se mencionan en la *Tabla 1*. Se han estudiado 16 especies de hongos fitopatógenos de importancia económica con 22 nuevos fungicidas y un total de 49 combinaciones hongo-fungicidas.

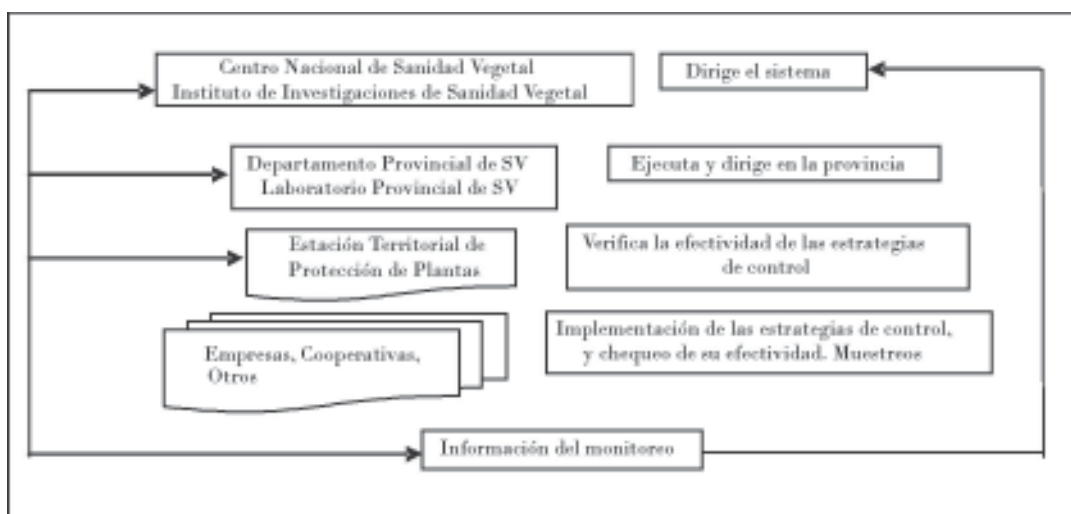
**Tabla 1. Métodos estandarizados en Cuba para la evaluación de la sensibilidad a los fungicidas**

| Métodos <i>in vitro</i>                    | Métodos <i>in vivo</i>    |
|--|---------------------------|
| Crecimiento de la colonia en medio líquido | Cotiledones               |
| Medición del tamaño del tubo germinativo   | Discos de hojas           |
| Descarga de ascosporas                     | Hojas completas en placas |
| Crecimiento radial de la colonia           | Plantas completas         |

## Sistema de monitoreo implementado en Cuba

El sistema de monitoreo se desarrolla en el país desde 1985 liderado por el Inisav y a través del servicio nacional de sanidad vegetal (*Fig. 1*). Las unidades ejecutoras en cada una de las provincias son los laboratorios pro-

vinciales de sanidad vegetal (Laprosav), donde existe un especialista que se ocupa de la aplicación de las diferentes metodologías, en dependencia de la existencia de importantes áreas de los cultivos objeto de acción.



*Figura 1.* Organigrama del sistema de monitoreo de sensibilidad a los fungicidas en Cuba.

A su vez, esos laboratorios están apoyados por los especialistas de sanidad vegetal de las estaciones territoriales de protección de plantas (ETPP), empresas, sector campesino, activistas etc., donde su función específica consiste en planificar y ejecutar los muestreos de campo, verificar la efectividad de las aplicaciones de los fungicidas, así como la implementación correcta de las estrategias de control nacionales y locales en el ámbito de empresas estatales, sector cooperativo y privado de cada localidad.

Toda esta información retroalimenta al sistema y contribuye al perfeccionamiento y desarrollo de nuevas técnicas de monitoreo, y al conocimiento de la evolución de las poblaciones fúngicas en cuanto a la sensibilidad para su manejo eficiente.

El monitoreo se desarrolla actualmente en todas las áreas de producción de los cultivos de tabaco, papa, plátano, banano y cítricos. En la *Tabla 2* se relacionan los cultivos, patógenos fúngicos asociados y fungicidas o sus familias que se utilizan para su control, y que se mantienen bajo monitoreo permanente.

Las primeras detecciones de resistencia registradas en el país comenzaron en 1982 en banano con el fungicida benomil, debido, principalmente, a un uso indiscriminado del producto. A partir de ella aparecieron otros casos sucesivamente, y se justificó la necesidad de crear un sistema de monitoreo que mantuviera la vigilancia constante de los productos en uso y de las principales poblaciones fúngicas existentes en el país (*Tabla 3*).

**Tabla 2. Espectro de acción del sistema de monitoreo de la resistencia a los fungicidas**

| Cultivo             | Patógeno   | Fungicida o familia   |
|---------------------|--|---|
| Tabaco              | <i>P. tabacina</i> , <i>P. nicotianae</i>        | Fenilaminas, strobilurinas, dimetomorf, iprovalicarb            |
| Papa                | <i>P. infestans</i> , <i>A. solani</i>           | Fenilaminas, strobilurinas, dimetomorf, iprovalicarb, triazoles |
| Hortalizas          | <i>Alternaria</i> spp., <i>Phytophthora</i> spp. | Fenilaminas, strobilurinas, dimetomorf, iprovalicarb, triazoles |
| Banano y plátano    | <i>M. fijiensis</i> , <i>M. musícola</i>         | Triazoles, benzimidazoles, morfolinás                           |
| Cítricos poscosecha | <i>Penicillium</i> spp., <i>L. theobromae</i>    | Thiabendazol, imazalil  |

**Tabla 3. Detección en campo de fungo-resistencia en Cuba**

| Fecha de detección | Fungicida | Número de años después de introducido el fungicida en que aparece la fungoresistencia | Cultivo-patógeno             | Referencia                  |
|--------------------|-----------|---|------------------------------|-----------------------------|
| 1982               | Benomyl   | 7   | Banano- <i>M. musícola</i>   | Pérez <i>et al.</i> , 1985  |
| 1983               | Metalaxyl | 3   | Tabaco- <i>P. tabacina</i>   | Muiño, 1990a                |
| 1983               | Metalaxyl | 3   | Tabaco- <i>P. nicotianae</i> | Muiño <i>et al.</i> , 1990c |
| 1984               | Benomyl   | 8   | Cítricos- <i>M. citri</i>    | Muiño <i>et al.</i> , 1995  |
| 1994               | Metalaxyl | 14  | Papa- <i>P. infestans</i>    | Muiño <i>et al.</i> , 1990a |

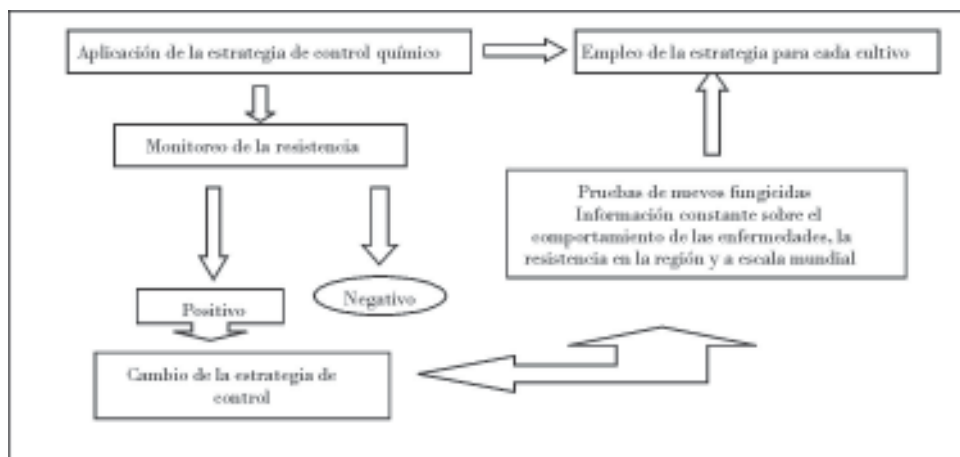
### Modelo de manejo de la resistencia

El elemento principal para desarrollar el modelo lo constituye el monitoreo de todas las áreas de los cultivos de importancia económica, y está relacionado directamente con la estrategia de control químico por emplear, de acuerdo con la determinación de la presencia o no de resistencia en las poblaciones de campo sometidas a tratamientos con fungicidas sistémicos (Fig.2).

Los elementos de este modelo están en estrecha relación con otras medidas no químicas que incluyen

fitotécnicas, de cuarentena, el uso de variedades resistentes, el pronóstico, etc., todas encaminadas a reducir el potencial de inóculo como factor que influye en el desarrollo de la resistencia.

Consecuentemente forma parte de este modelo la estrategia de uso de los fungicidas, la que se modifica y enriquece a partir del conocimiento de nuevos elementos teórico-prácticos del tema y la respuesta en la práctica.



**Figura 2. Modelo de manejo de la resistencia**

## Estudios de casos

### Resistencia a las fenilamidas

#### *Peronospora tabacina* (moho azul del tabaco)

El moho azul apareció por primera vez en Cuba en 1958, ocasión en que provocó grandes pérdidas [Pandiello, 1958]. Reapareció en 1979 cuando causó pérdidas por un valor superior a 343 millones de pesos [Batista, 1989], y a partir de esta fecha se presentó sistemáticamente en todas las regiones tabacaleras, lo que le confiere un carácter endémico. En 1978 se introdujo el fungicida sistémico metalaxyl [O'Brien, 1979]. En Cuba se iniciaron los tratamientos a partir de 1980; pero después de cuatro años de uso, en diciembre de 1984, se produjeron ataques intensos que no pudieron controlarse con las aplicaciones usuales del fungicida, y se demostró la resistencia del patógeno.

En las *Figs. 3 y 4* se muestra la evolución de las poblaciones resistentes al metalaxyl y las sensibles, así como su relación con las condiciones climáticas ocurridas durante las campañas tabacaleras. Con la evaluación sistemática de la sensibilidad y la toma de decisiones oportunas en cuanto a la estrategia de manejo de los fungicidas, no se han registrado pérdidas económicas en el cultivo por desarrollo incontrolable de la enfermedad. En cuanto a su uso, el metalaxyl se ha restringido a las áreas que demuestran sensibilidad, y se aplica un tratamiento como máximo en el ciclo del cultivo. Conjuntamente se aplicó el sistema de pronóstico, que permitió la realización de tratamientos con ditiocarbamatos a partir de señales de acuerdo con las condiciones existentes de humedad relativa, temperatura y lluvias.

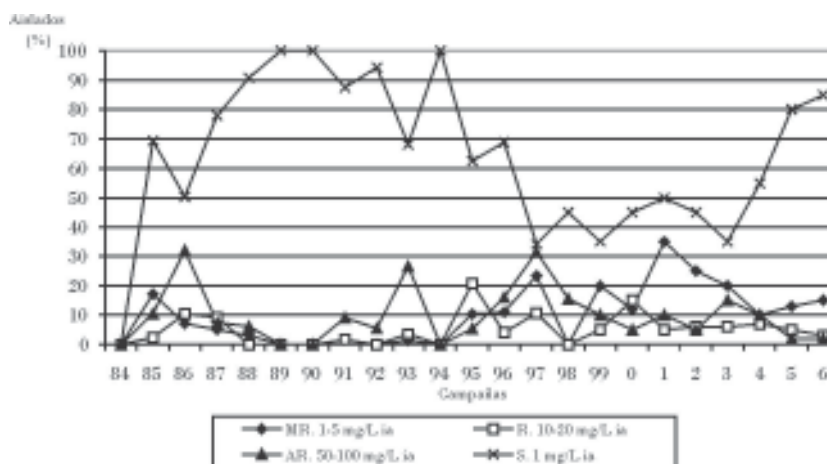


Figura 3. Frecuencia de aparición de aislados de *P. hyoscyami* f. sp. *tabacina* resistentes al metalaxyl.

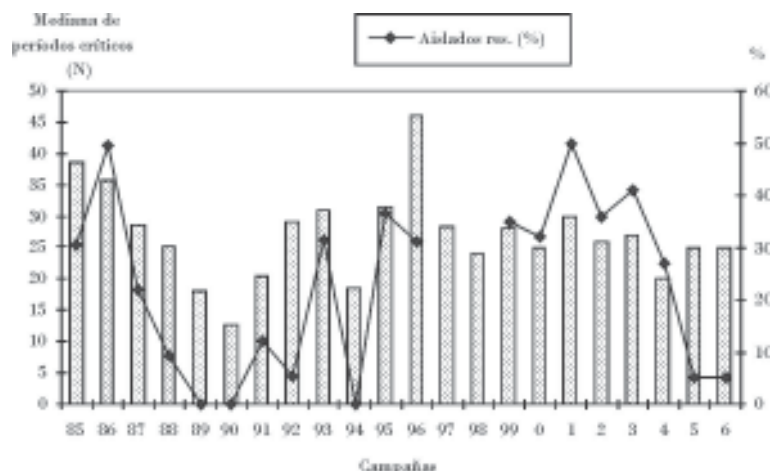


Figura 4. Comportamiento de períodos críticos registrados para el moho azul e incidencia de la resistencia.

***Phytophthora nicotianae* Breda de Haan. (pata prieta del tabaco)**

Es la segunda enfermedad de importancia en el cultivo, después del moho azul. Es muy difícil de combatir debido a que el hongo sobrevive en el suelo por largo tiempo; por lo tanto, requiere necesariamente de la combinación de diferentes prácticas culturales, es decir, sistemas de lucha, que incluyan además medidas agronómicas, desinfección del suelo, combinados con el uso de metalaxyl.

A partir de 1980 en Cuba se establecieron los tratamientos con metalaxyl para controlar el moho azul y la pata prieta del tabaco, ya que había demostrado ser efectivo también contra *P. nicotianae* [Minagri, 1983]; pero a finales de 1983 se observaron las primeras afectaciones importantes en el cultivo, especialmente en semilleros de la provincia de Pinar del Río, por lo que se inició el monitoreo de resistencia de *P. nicotianae* a

este compuesto químico y se demostró la presencia de cepas altamente resistentes.

En la Fig. 5 se muestra el comportamiento de la resistencia en las tres provincias del país donde existe el problema. Después de la aparición de la resistencia en Pinar del Río, ocurrió en la provincia de La Habana en 1984, y posteriormente en la de Villa Clara en 1987.

Con la introducción del propamocarb en combinación con el agente biológico *Trichoderma* spp. se logró la protección del cultivo en semilleros y el saneamiento de los suelos de forma más acelerada. Actualmente están establecidas en condiciones de producción un conjunto de alternativas que forman parte de un sistema de manejo integrado de la pata prieta, en que se ha demostrado la eficacia de *Trichoderma* spp. con una reducción importante de los tratamientos químicos, sin la necesidad de usar desinfectantes químicos, lo que permitió que la pata prieta no fuera un problema de importancia para el cultivo en estos momentos.

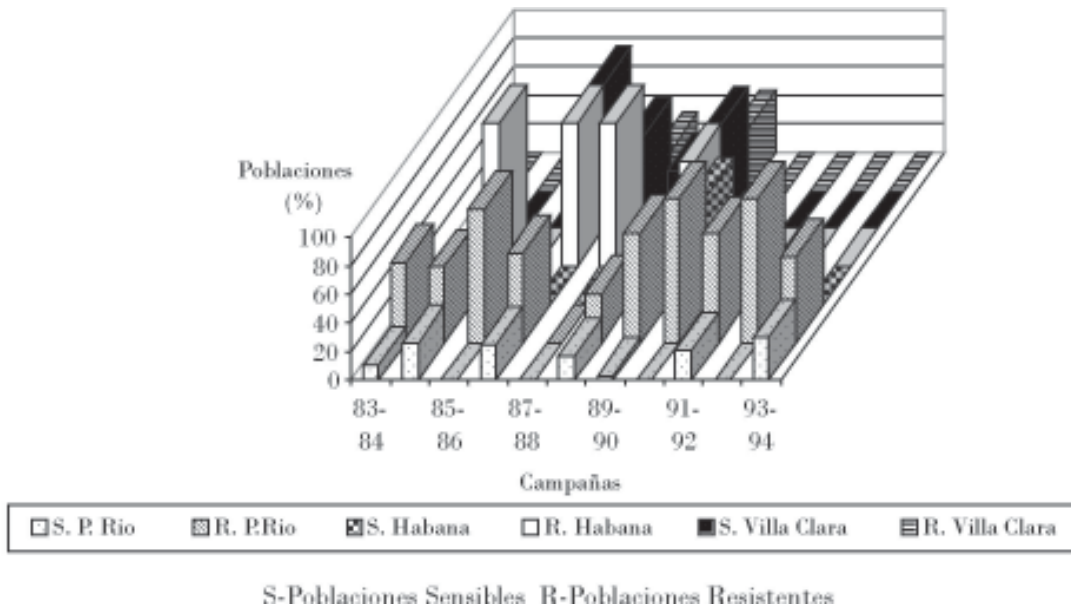


Figura 5. Frecuencia de aparición de las poblaciones de *P. nicotianae* resistentes al metalaxyl.

***Phytophthora infestans* Mont De Bary (tizón tardío de la papa)**

En 1986 se iniciaron los trabajos de monitoreo de resistencia y se demostró una alta sensibilidad de los aislamientos estudiados al metalaxyl. Se determinaron los valores de DL<sub>50</sub> y 95. Transcurrieron algunos años en los cuales no se realizó el monitoreo, puesto que fue un período prácticamente sin incidencia de la enfermedad; sin embargo, en la campaña 1993-1994 ocurrieron condiciones favorables, y los primeros brotes de tizón

tardío aparecieron el 2 y 3 de enero en forma de manchas aisladas que fueron controladas y erradicadas. En áreas de semilla de San José de las Lajas, en la provincia de La Habana, aparecieron brotes con carácter epidémico el 2 de enero, posterior a un período verdaderamente crítico. A principios de febrero se comenzó el monitoreo intensivo de todas las áreas afectadas de la provincia de La Habana, y los resultados confirmaron la presencia de poblaciones del hongo resistentes al metalaxyl, incluso en las primeras muestras analiza-

das. En un corto plazo de tiempo de alrededor de un mes se confirmó la existencia de resistencia generalizada en la provincia, y se informaron los niveles más altos de resistencia al finalizar ese período.

Se confirmó en la campaña 1994-1995 la existencia de aislamientos resistentes en la papa de semilla de importación. Desde un inicio se tomaron todas las medidas fitosanitarias que permitieron un control satisfactorio de la enfermedad a pesar de que se detectaron poblaciones resistentes.

A partir de 1998 hasta la campaña 2000-2001 la incidencia de la enfermedad fue bastante limitada. Se aplicó una estrategia de control que concierne a otros fungicidas sistémicos con diferente mecanismo de acción, tales como el dimetomorf, azoxystrobin e iprovalicarb, conjuntamente con los fungicidas de contacto ditiocarbamatos, clorotalonil, folpet, acetato de trifenil estaño, etc. El metalaxyl se aplica de forma reducida con solo un tratamiento en el ciclo del cultivo. Esta estrategia ha permitido reducir los niveles de infección y por tanto una protección satisfactoria del cultivo, con la consecuente obtención de altos rendimientos.

### Resistencia a los benzimidazoles

#### *Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder (sigatoka amarilla en bananos)

En Cuba se informó por primera vez resistencia en 1982, en la provincia de Ciego de Ávila, por Pérez et

al. (1985), después de siete años de tratamientos sistemáticos con benomyl. Las zonas mayormente afectadas fueron Ciego de Ávila y Cienfuegos, con niveles máximos de resistencia detectados de 1000 mg/L i.a. Se recurrió al estudio y empleo de nuevos ingredientes activos con diferente mecanismo de acción, en este caso los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol, así como un programa de manejo integrado de la enfermedad que permite reducir el número total de tratamientos por año y mantener bajos niveles de la enfermedad [Pérez, 1994].

#### *Mycosphaerella citri* Whiteside (mancha grasienta en los cítricos)

La mancha grasienta está catalogada como una de las enfermedades fungosas más importantes que ataca a los cítricos [Whiteside, 1972]. En Cuba se iniciaron los tratamientos sistemáticos basados en benomyl y metilthiofanato a partir de 1976, por su alta efectividad técnica, muy ventajosa ante los productos empleados tradicionalmente. Después de aproximadamente ocho años se observó un aumento de los niveles de infestación, y en 1984 se demostró por primera vez la resistencia de *M. citri* al benomyl en la provincia de Matanzas. A partir de esta fecha se incluyó también este cultivo dentro del sistema de monitoreo del país. Posteriormente se informó en la provincia de Cienfuegos.

Tabla 4. Localidades donde se ha detectado resistencia de *M. musicola* y *M. citri* a los benzimidazoles

| Localidad           | Hongo              | Año de inicio de los tratamientos con benomyl | Estimado total de tratamientos con benomyl | Año en que se detectó la resistencia |
|---------------------|--------------------|---|--|--------------------------------------|
| Pinar del Río       | <i>M. citri</i>    | 1980  | 18   | 1988                                 |
| Matanzas            | <i>M. musicola</i> | 1980  | 12   | 1984                                 |
|                     | <i>M. citri</i>    | 1980  | 12   | 1984                                 |
| Villa Clara         | <i>M. musicola</i> | 1979  | 30   | 1989                                 |
| Cienfuegos          | <i>M. musicola</i> | 1979  | 59   | 1985                                 |
|                     | <i>M. citri</i>    | 1980  | 15   | 1985                                 |
| Ciego de Ávila      | <i>M. musicola</i> | 1977  | 48   | 1982                                 |
| Holguín             | <i>M. citri</i>    | 1983  | 6  | 1987                                 |
| Granma              | <i>M. musicola</i> | 1980  | 26   | 1988                                 |
| Santiago de Cuba    | <i>M. citri</i>    | 1980  | 18   | 1988                                 |
| Isla de la Juventud | <i>M. citri</i>    | 1976  | 16   | 1984                                 |

***Penicillium digitatum*, *P. italicum*  
y *Lasiodiplodia theobromae***

En Cuba existen varios centros procesadores de frutos de cítricos destinados a la exportación y al consumo fresco o conservado. En estas condiciones las pudriciones causadas por los hongos *Penicillium* spp. y *L. theobromae* disminuyen los rendimientos y calidad de la producción. El thiabendazol es el fungicida que más ampliamente se emplea para el tratamiento y protección duradera de los frutos. El monitoreo de resistencia se realiza desde 1987 en todos los envasaderos de cítricos y cámaras refrigeradas para su almacenamiento. No se han presentado problemas de resistencia hasta hoy. Solo se han encontrado unos pocos aislamientos resistentes que no repercuten en fallas en el control.

**Sensibilidad a los Inhibidores  
de la biosíntesis de ergosterol (IBE)**

***Mycosphaerella fijiensis* (sigatoka negra)  
y *Mycosphaerella musicola* (sigatoka amarilla  
del banano)**

El programa de manejo integrado de la sigatoka negra en Cuba [Pérez, 1994] establece el control de la enfermedad en clones cavendish susceptibles, y en algunas áreas con plátano (AAB), basado en tratamientos con fungicidas que se realizan en dependencia de los aumentos de la velocidad de evolución de la enfermedad.

Los productos utilizados por orden de eficacia son triazoles, benzimidazoles, morfolinas y carbamatos mezclados o en emulsiones con aceite mineral.

En 1985 se detectaron pérdidas en la sensibilidad a los triazoles sin existir problemas de control en el campo [Muiño *et al.*, 1993]. El monitoreo de resistencia se realizó en diferentes empresas del país y además en lugares donde no se realizan tratamientos con fungicidas. Los resultados demostraron que el uso de los tratamientos de triazoles en bloques, sin alternancia con otros ingredientes activos, determinó la aparición de poblaciones resistentes a ellos en la empresa de cultivos varios (ECV) La Cuba durante 1996, lo que determinó una pérdida de eficacia en el campo. En la ECV Quemados las poblaciones mostraron una buena sensibilidad a los triazoles tanto en 1995 como en 1996.

**Monitoreo de la sensibilidad a nuevos grupos de fungicidas**

En el país se desarrolla además el monitoreo de la sensibilidad a los nuevos fungicidas dimetomorf, iprovalicarb y azoxystrobín en los cultivos de tabaco y papa para los patógenos *P. tabacina* y *P. infestans*. Los valores de DL<sub>50</sub> promedio se encuentran en el orden de 0,01-0,03 mg/L i.a., y la concentración mínima inhibitoria por debajo de 1 mg/L i.a., es decir, que las poblaciones de campo son sensibles a tales compuestos (Tabla 5).

**Tabla 5. Valores de DL<sub>50</sub> y DL<sub>95</sub> de diferentes ingredientes activos sobre especies de hongos fitopatógenos de importancia económica en Cuba**

| Hongo                | Fungicida      | DL <sub>50</sub> (mg/L i.a.) | DL <sub>95</sub> (mg/L i.a.) |
|----------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>M. musicola</i>   | Bitertanol     | 0,018                        | 0,1                          |
| <i>M. musicola</i>   | Metiltiofanato | 0,15                         | 0,84                         |
| <i>M. musicola</i>   | Propiconazol   | 0,009                        | 0,015                        |
| <i>M. fijiensis</i>  | Propiconazol   | 0,011                        | 0,193                        |
| <i>M. citri</i>      | Benomyl        | 0,20                         | 0,47                         |
| <i>M. citri</i>      | Metiltiofanato | 0,20                         | 0,52                         |
| <i>L. theobromae</i> | Thiabendazol   | 0,1                          | 5,8                          |
| <i>L. theobromae</i> | Carbendazim    | 0,88                         | 5,0                          |
| <i>P. digitatum</i>  | Thiabendazol   | 1,5                          | 4,5                          |
| <i>P. digitatum</i>  | Carbendazim    | 0,51                         | 3,5                          |
| <i>P. italicum</i>   | Thiabendazol   | 1,6                          | 4,7                          |
| <i>P. italicum</i>   | Carbendazim    | 0,52                         | 3,4                          |
| <i>P. infestans</i>  | Metalaxyl      | 0,01                         | 0,03                         |
| <i>P. nicotianae</i> | Metalaxyl      | 0,06                         | 0,81                         |

El monitoreo y manejo de la resistencia...

|                             |               |       |        |
|-----------------------------|---------------|-------|--------|
| <i>P. tabacina</i>          | Metalaxyl     | 0,1   | 0,4    |
| <i>A. solani</i> (tomate)   | Iprodione     | 0,62  | 3,64   |
| <i>A. solani</i> (papa)     | Iprodione     | 0,61  | 3,63   |
| <i>A. porri</i> (ajo)       | Iprodione     | 0,65  | 3,68   |
| <i>A. porri</i> (cebolla)   | Iprodione     | 0,48  | 3,12   |
| <i>C. gloesporoides</i>     | Benomyl       | 0,11  | 0,78   |
| <i>P. infestans</i>         | Azoxystrobin  | 0,14  | 0,89   |
| <i>P. nicotianae</i>        | Iprovalicarb  | 0,31  | 0,74   |
| <i>P. infestans</i>         | Iprovalicarb  | 0,26  | 1,14   |
| <i>P. capsici</i>           | Iprovalicarb  | 0,24  | 0,41   |
| <i>Pythium</i> spp.         | Iprovalicarb  | 0,29  | 0,63   |
| <i>P. tabacina</i>          | Dimetomorf    | 0,01  | 0,06   |
| <i>P. tabacina</i>          | Clorotalonil  | 42,37 | 164,92 |
| <i>P. tabacina</i>          | Maneb         | 29,37 | 72,13  |
| <i>P. tabacina</i>          | Mancozeb      | 19,97 | 75,12  |
| <i>P. tabacina</i>          | Zineb         | 14,83 | 47,56  |
| <i>P. nicotianae</i>        | Dimetomorf    | 0,03  | 0,25   |
| <i>P. nicotianae</i>        | Benalaxyl     | 0,13  | 7,69   |
| <i>F. moniliforme</i>       | Triadimenol   | 1,91  | –      |
| <i>F. moniliforme</i>       | Propiconazol  | 0,63  | –      |
| <i>F. moniliforme</i>       | Difenoconazol | 0,02  | –      |
| <i>F. moniliforme</i>       | Tebuconazol   | 0,11  | –      |
| <i>F. moniliforme</i>       | Hexaconazol   | 0,17  | –      |
| <i>F. moniliforme</i>       | Hepoxiconazol | 0,96  | –      |
| <i>Chalara paradoxa</i>     | Triadimenol   | 0,66  | –      |
| <i>C. paradoxa</i>          | Propiconazol  | 0,05  | –      |
| <i>C. paradoxa</i>          | Difenoconazol | 0,07  | –      |
| <i>C. paradoxa</i>          | Tebuconazol   | 0,01  | –      |
| <i>C. paradoxa</i>          | Hexaconazol   | 0,001 | –      |
| <i>C. paradoxa</i>          | Hepoxiconazol | 0,01  | –      |
| <i>Colletotrichum musae</i> | Triadimenol   | 1,14  | –      |
| <i>Colletotrichum musae</i> | Propiconazol  | 0,01  | 1,36   |
| <i>Colletotrichum musae</i> | Difenoconazol | 0,01  | –      |
| <i>Colletotrichum musae</i> | Tebuconazol   | 0,05  | 1,73   |
| <i>Colletotrichum musae</i> | Hexaconazol   | 0,01  | 1,56   |

## Impacto económico y ambiental

La evaluación sistemática de las poblaciones de los fitopatógenos permite una temprana detección de los cambios de sensibilidad, lo que posibilita variar la estrategia de control de acuerdo con los mecanismos de acción de los ingredientes activos antes de que se produzcan las pérdidas económicas. Se ha logrado, con la aplicación óptima de los fungicidas en los cultivos, mantener los residuos por debajo de los límites máximos de residuos (LMR) en los productos agrícolas para el consumo humano, menor exposición de los trabajadores a sus efectos y menor riesgo al ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Batista, C.: «El bloqueo y las compensaciones en las relaciones entre Cuba y Estados Unidos», Ceseu, Informe Técnico, Minagri, La Habana, 1989.
- Brent, J. K.: *Monitoring for Fungicide Resistance. Fungicide Resistance in North America*, Ed. Charles, J. Delp., 1982, pp. 24-32.
- Brent, K. J.: «Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How Can It Be Management?», FRAC, Monograph no. 1, Ed. GCPF, Bruselas, 1995.
- Brent, K. J.; D. W. Hollomon: *Fungicide Resistance: The Assessment of Risk*, FRAC, Monograph no 2, Ed. GCPF, Bruselas, 1998.
- Duvauchell, S.: «Lutte contre le mildiou de la pomme de terre en France: modes de prévision pour les avertissements agricoles et stratégie de'utilisation des spécialités contenant des nations actives systémiques face a la résistance», *Bulletin OEPP* 21 (1):49-55, 1991.
- FAO: «Detección y medición de la resistencia a los fungicidas. Principios generales. Método FAO», *Plant Protection Bulletin* no. 24-30, vol. 30, no. 2, 1982, pp. 47-71.
- Georgopoulos, S. G.: *Detection and measurement of fungicide resistance. Fungicide resistance in crop protection*. Ed. Wageningen, Holanda, 1982.
- Gisi, U.: «FRAC Methods for Monitoring the Sensitivity of Fungal Pathogens to Phenylamide Fungicides. Developed by the Phenylamide», Fungicide Resistance Action Committee (PA-FRAC) of GIFAP, *Bulletin OEPP/EPPO* 22:297-322, 1992.
- Minagri: «Instructivo técnico para el cultivo del tabaco», Dirección Nacional de Tabaco, MINAGRI, La Habana, 1983.
- Muiño, B. L.: «Plaguicidas. Determinación de resistencia a Benomyl. *Mycosphaerella musicola* y *Mycosphaerella citri*.», NRAG 897, Minagri, La Habana, 1988.
- : «Plaguicidas. Determinación de resistencia a metalaxyl. *Peronospora tabacina*», NRAG, Minagri, La Habana, 1990a.
- Muiño, B. L.: «Plaguicidas. *Mycosphaerella musicola*. Determinación de resistencia al propiconazol», NRAG, Minagri, La Habana, 1990b.
- Muiño, B. L.; A. Pollanco; V. Monteagudo: «Plaguicidas. *Phytophthora infestans*. Determinación de resistencia a metalaxyl», NRAG907.88, Minagri, La Habana. 1990a.
- Muiño, B. L.; A. Pollanco; M. Iglesias; E. L. Martín; I. Díaz; Z. Camps; D. Núñez; A. Jaens: «Comportamiento de la resistencia de *P. tabacina* al metalaxyl en Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Tabaco* 13(2):47-58, Cuba, 1990 b.
- Muiño, B. L.; I. Díaz; A. Jaens: «Evidencia de resistencia de *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* en la provincia de Pinar del Río», *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Serie Tabaco* 13(2):57-59, Cuba, 1990c.
- Muiño, B. L.; M. L. González; F. Rodríguez: «Plaguicidas. Determinación de resistencia al Thiabendazol. *Penicillium* spp. y *Lasiodiplodia theobromae*», NRAG, Minagri, La Habana, 1992.
- Muiño, B. L.; L. Pérez; M. M. Iglesias: «Reducción de la sensibilidad de *Mycosphaerella musicola* al propiconazol en la empresa La Cuba, de Ciego de Ávila», Informe Técnico, Inisav, 1993.
- Muiño, B. L.; María E. Morales; A. Jaens: «Evidencias de resistencia al benomyl en *Mycosphaerella citri* W. en Matanzas», Fondo Manuscrito Nacional, Academia de Ciencias de Cuba, 1995.
- O'Brien, R. E.: «Systemic Chemicals for Tobacco Blue Mold Control», *Plant Disease Reporter* 62(3):277-279, Estados Unidos, 1979.
- Ogawa, J. M.; B. T. Manji; C. R. Heaton; J. Petrie; R. M. Sonoda: *Methods for Detecting and Monitoring the Resistance of Plant Pathogens to Chemicals*, Pest Resistance to Pesticides, Plenum Press, Nueva York, 1979, pp. 117-162.
- Pandiello, C.: «Presencia del moho azul en la zona de Partido», *Agrotecnia* 12(1):32-35 enero-febrero, La Habana, 1958.
- Pérez, L.; F. Mauri: «Un método simple para detectar resistencia al carbendazin», *Ciencia y Técnica en la Agricultura* (suplemento) 5(3):65-77, Cuba, 1981.
- Pérez, L.; M. M. Iglesias; F. Mauri: «Aparición de una raza resistente al benomyl de *Mycosphaerella musicola*, agente causal de la sigatoka en el plátano», *Agrotecnia de Cuba* 17(1):79-88, 1985.
- Pérez, L.; A. Battle: «Procedimiento de monitoreo para determinar la sensibilidad de *Mycosphaerella* spp. en bananos y plátanos a fungicidas inhibidores de la síntesis de ergosterol (IBE) y particularmente al propiconazol, otros triazoles y al tridemorph», Informe Técnico, Inisav, 1993.
- Pérez, L.: «Las manchas de la hoja del banano y los plátanos causadas por *Mycosphaerella musicola* Leach et Mulder (sigatoka), *M. fijiensis* (Morelet) (roya negra) y *M. fijiensis* Morelet var. *diiformis* Morelet y Stover (sigatoka negra)», Conferencia, Curso de Posgrado, Inisav, 1994.
- Whiteside, J. O.: «Histopathology of Citrus Greasy Spot and Identification of the Causal Fungus», *Phytopathology* 62:260-263, Estados Unidos, 1972.