

EL USO DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS COMO UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES *

David Monterroso, Ph.D.**

Introducción:

La preocupación de algunos especialistas en la protección de plantas en la actualidad es, la incorporación de la metodología empleada por el Programa Manejo Integrado de Plagas (MIP) a los Sistemas de Producción Agrícola (SPA). En ese sentido, no se habla de la eliminación de algún patógeno, sino de la reducción del mismo a niveles "Tolerables". La definición de "nivel tolerable" es complejo y dependerá fundamentalmente de la demanda que tenga el producto en el mercado.

El éxito del MIP en relación a enfermedades en los SPA, reside en 2 cosas principalmente: el diagnóstico seguro del problema y el estudio de la dinámica de la enfermedad. De lo anterior se desprende que en el MIP se requiere de varias estrategias integradas para reducir el efecto de las enfermedades en los SPA. La técnica que nos ocupará en esta oportunidad es el uso de productos químicos, los cuales se pueden utilizar en dos sentidos. Los tratamientos químicos empleados para reducir la enfermedad inicial (reducción del inóculo inicial) y los tratamientos empleados para reducir la tasa de incremento de la enfermedad.

Tratamientos químicos para reducir el inóculo inicial

1. Fumigantes del suelo. Un espectro amplio de biocidas químicos son usados para inactivar todas las plagas del suelo. Los pesticidas más efectivos han sido químicos volátiles que se difunden a través del suelo, los cuales son aplicados como líquidos o gases. Dado que estos tratamientos son de alto costo se usan principalmente en aquellos cultivos altamente rentables como hortalizas y flores. Una ventaja que se ha visto con el uso de fumigantes es que hace más disponibles los nutrimentos para la planta. La explicación de este fenómeno es aún desconocida.

Son pocos los fumigantes de suelo que se comercializan en la actualidad. El Bisulfuro de Carbono fue el primer fumigante usado ampliamente, pero fue reemplazado por el Bromuro de Metilo, Cloropicrina, Metil isotiocianato y varias mezclas

* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Fitopatología, MIP/CATIE. (Panamá, 22-24 abril, 1986).

** Coordinador Proyecto MIP/CATIE-Honduras

de estos mismos compuestos o con algunos nematicidas (Cuadro 1).

2. Fungicidas de suelo. En general se trata de los mismos que se usan para tratamientos foliares o de semilla. Sin embargo, algunos de ellos se usan más comunmente para tratar la semilla con el fin de formar una zona de protección alrededor de la semilla en el suelo (Cuadro 2).

Tratamiento químico para reducir la tasa de incremento de la enfermedad

1. Compuestos inorgánicos

- a) Azufre: fue el primer compuesto usado como fungicida (pesticida general) por los antiguos griegos. Desafortunadamente, las propiedades fungicidas del azufre fueron olvidadas durante la edad media y no fueron redescubiertas hasta el siglo XIX. Actualmente las propiedades del azufre son bien conocidas y para 1970 el azufre elemental fue usado en mayor cantidad de cualquier otro fungicida en los Estados Unidos. El azufre tiene un amplio espectro de actividad. Sin embargo, su mayor efectividad es contra diferentes formas de mildiú polvoriento. Además, el azufre tóxico para ácaros y chicharritas. El problema del azufre es su fitotoxicidad. Causa del encorchamiento de la hoja (suberización), defoliación y reducción de la producción. Los mecanismos de acción son varios y desconocidos.
- b) Cobre: se descubrió aplicando Sulfato de Cobre y Cal hidratada para evitar que los transeúntes robaran las uvas durante el siglo XIX en Burdeos, Francia. De allí su nombre de caldo bordelés cuyas cualidades como fungicida fueron demostradas por Millardet en 1882. Desde esta fecha, hasta mediados de nuestro siglo el cobre fue la base principal de los fungicidas usados en la agricultura. Los compuestos de cobre son tóxicos no sólo para los hongos sino también para las bacterias y por lo general son más baratos que los antibióticos. El caldo bordelés se adhiere al follaje, tenazmente, por eso aún se usa en algunas áreas de los trópicos cálido-húmedo, donde otros fungicidas son lavados fácilmente, y es tóxico porque los iones de Cu insolubles en agua son quelatados por los metabolitos del hongo y son absorbidos por la célula del hongo hasta niveles intolerables.
- c) Mercurio: todos los compuestos a base de mercurio, incluyendo los mercuriales orgánicos, han sido restringidos por las agencias reguladoras de pesticidas en los Estados Unidos.

CUADRO 1. PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS COMO FUMIGANTES DEL SUELO

Nombre Común	Nombre Químico (Comercial)	Formulación	Presión de Vapor (mm Hg)	Punto de Ebullición (°C)	Especificidad	Dosis por ha	Fitotoxicidad	Maníferos LD 50 en mg/kg
Bromuro de Metilo	Bromometano (Dowfume Mc-2)	98% + 2% Cloropirina	14-20	4.6	General	450-900 kg	Alta	± 1
Cloropirina	Tricloronitrometano (Picfume, Larvacide)	100%	20	112	General	300-500 lts	Alta	± 1
DD	1,2-Dicloropropano y Dicloropropeno (Telone, Viden D)	DD sólo o con otros hidrocarburos clorinados	19-25	106 111	Nematicida	100-500 ha	Alta	± 140
EDB	1, 2-Dibrometano (Dowfume W-84 Nematox 100)	60-85% en 11quifido	8	132	Nematicida	19-94 lts	Alta	± 150
Metil Isocianato	Metil isocianato (MIC)	30-40 lido o sólido (85% WP)	-	-	General	600-1200 lts o 300-400 kgs	Alta	± 280-650
Dibromocloro	1, 2-Dibromo-3 Cloro propano (Fumazone, Nematón)	Emulsión	0.6	199	Nematicida	19-38 lts	Baja	172

* LD 50 es la dosis letal del 50% de una población de ratas adultas.

CUADRO 2. FUNGICIDAS USADOS COMUNMENTE COMO TRATAMIENTO A LA SEMILLA DE ESTADOS UNIDOS

Nombre Común	Formulación	LD 50* mg/kg	Especificidad	Cultivos	gr de i.a./kg de semilla
Captan	P.H.***	15,000	General	Mate, sorgo, soya maní, hortalizas, algodón	1 - 3
Carboxin**	P.H.	3,820	Basidiomicetes	Granos, algodón	2 - 3
Etridiazol	P.H.	2,000	Ficomicetes	Algodón, sorgo, soya, granos	Usualmente en mezcla 0.2 - 0.5
Maneb	P.H.	6,750	General	Arroz y papa	1 - 2
PCNB	P.H.	1,200	<u>Rhizoctonia,</u> <u>Sclerotinia,</u> <u>Streptomyces</u>	Sorgo, soya, granos	1 - 2
Thiran	P.H.	780	General	Mafz, soya, maní, granos, hortalizas	1 - 4
Dexon**	P.H.70%	89	Ficomicetes ?	--	0.3 - 2

* Dosis letal para el 50% de la población de ratas del ensayo.

** Fungicidas sistémicos.

*** P.H. = Polvo Humectante.

2. Compuestos orgánicos protectivos

- a) Ditiocarbamatos: el primer fungicida desarrollado fue el Tiram, actualmente utilizado más para protección de semillas. De este se han generado 2 sales metálicas de Dimetil ditiocarbamato, la de hierro llamada Ferbam y la de Zinc llamada Ziram.
- b) Etilenditiocarbamatos: en 1943 Dimond y colaboradores descubrieron el efecto fúngico del Etilenditiocarbamato de sodio lo cual dio origen a la fabricación de los fungicidas más usados en la actualidad. El Nabam, por ser soluble en agua provoca alguna fitotoxicidad. Este tiene un DL50 relativamente alta (395 mg/kg) y se ha usado más como fungicida del suelo. El descubrimiento de que las sales de zinc o de manganeso son relativamente insolubles en agua y por consiguiente no puede entrar a la célula del hospedante, permitieron la generalización en el uso de estas dos sales, el Zineb (Zn) y el Maneb (Mn) que tienen un amplio espectro de acción. La poca fitotoxicidad del mane b puede ser minimizado si se combina químicamente (mancozeb) o se mezcla físicamente con zinc. Los EDC afectan varios procesos en la célula del hongo, probablemente por interferir en el grupo sulfidrilo de las proteínas.
- c) Quinonas: sólo el Diclone es aún usado dando un efecto seguro en períodos de postinfección. El mecanismo de acción puede estar relacionado con su poder oxidante.
- d) Compuestos aromáticos
- Clorotalonil: tiene un amplio espectro de acción, siendo efectivo contra Oomicetos (Phytophthora spp.), Ascomicetos (Botrytis spp., Penicillium spp.) y Basidiomicetos (royas). Su DL50 es baja (3750 mg/kg). Su acción fungicida se debe a que probablemente interfiere con el grupo sulfidrilo de las proteínas del hongo.
 - Dicloronitroanilina (DCNA): inicialmente se le encontró especificidad contra Botrytis, de ahí su nombre comercial de Botran. Sin embargo, también es efectivo contra Monilia, Sclerotium, Sclerotinia y Rhizopus. Como tiene una cierta capacidad de penetración, se recomienda para el control de las pudriciones de las frutas. Su DL50 es de 10,000 mg/kg. También se ha encontrado que genera poblaciones resistentes.
 - Pentacloronitrobenceno (PCNB): se ha usado ampliamente como fungicida del suelo. Sin embargo, no es efectivo

contra Pythium, Phytophthora y Fusarium. Parece ser fungistático más que fungicida.

- Bifenil: es un compuesto aromático polinuclear usado ampliamente para el control de la pudrición de post-cosecha en cítricos donde ha demostrado su acción contra Penicillium, Diplodia natalensis, Botrytis cinerea y Phomopsis citrii. No se conoce aún el mecanismo de esta selectividad. Este fungicida es uno de los primeros productos en los que se detectó resistencia causando pérdidas graves en cajas de cítricos con infecciones de Penicillium italicum.

e) Compuestos nitrogenados heterocíclicos

- Hidroftalimidias: los fungicidas Captan, Folpet y Captafol han sido ampliamente usados y efectivos contra varios hongos. Estos compuestos tienen un rango de actividad similar pero no idéntico. Así, Captan es relativamente inefectivo contra mildiús lanosos y polvorientos y royas, pero Folpet es activo contra algunas royas y mildiús polvorientos y Captafol es activo contra algunos mildiús lanosos. Captan no debe ser usado con otros productos químicos alcalinos ya que es inestable a pH mayor de 7. El DL 50 de Captan, Folpet y Captafol es bajo, cerca de 15,000, 10,000 y 4,600 mg/kg respectivamente. Los mecanismos de acción de estos tres fungicidas es probablemente similar. Dado que muchas enzimas tienen grupos tioles, se explica la multirespuesta de la célula fungosa a estos químicos.
- Otros productos nitrogenados heterocíclicos: Dyrene es la única S-triazina que tiene significancia como fungicida. Gliodin es efectivo contra la roña de la manzana. Además tiene efecto adherente y ha sido recomendado para usarlo en otros fungicidas. Su uso ha sido restringido en los Estados Unidos.

f) Fungicidas orgánicos protectivos adicionales

- Diclofluanid: es un fungicida que se ha usado recientemente en Europa pero no en Estados Unidos. Tiene amplio espectro; pero, es particularmente efectivo contra Botrytis spp.
- Dodine: es un fungicida muy efectivo contra enfermedades de los frutales deciduos. Tiene una buena capacidad protectora, pero limitada capacidad terapéutica contra Venturia inaequalis. Es otro ejemplo de pérdidas por generación de resistencia en hongo.
- Etridiazol: es un fungicida de amplio espectro usado contra hongos del suelo; es efectivo contra Pythium spp. y poco efectivo contra Rhizoctonia solani.

3. Compuestos orgánicos sistémicos

En 1966 se informó de un producto que se movía sistémicamente en la planta y que suprimía el crecimiento del hongo dentro de la misma planta. Con este se inició la era de los fungicidas sistémicos. El producto fue una Carboximida y fue selectivamente tóxico para Basidiomicetos. Actualmente los fungicidas sistémicos descubiertos son selectivos en su fungitoxicidad y al menos tienen alguna propiedad terapéutica. La mayor parte de los fungicidas sistémicos tienen limitado su movimiento dentro de la planta. El movimiento se realiza principalmente por la vía de la transpiración (transporte por apoplasto) y es muy poca escala por el floema (transporte por simplasto). Si el fungicida es absorbido por la raíz, se mueve fácilmente hacia el follaje, pero el producto ya en las hojas permanece allí y no se mueve de las hojas senescentes a los tejidos en crecimiento. Cuando el fungicida es aplicado al follaje, usualmente no se mueve de una hoja a otra. El Piroxiclor y el Fosfato Monoetilico de aluminio, son tóxicos para Oomicetos y son transportados fácilmente del follaje a la raíz, pero si se desea proteger la raíz con otro de los fungicidas sistémicos, estos deben de aplicarse al suelo en el área de la raíz (Cuadro 3).

Efectos colaterales del control químico de las enfermedades

1. Daños a la salud humana. Uno de los mayores problemas son aquellos efectos que se detectan a un largo plazo, en especial, los efectos cancerígenos que pueden demorar 25 o 30 años en evidenciarse en una población que ha sido expuesta al producto. Uno de los episodios más trágicos de envenenamiento fue en Irak, ya que varios miles de personas consumieron pan hecho con semilla tratada con un compuesto metil-mercúrico.
2. Daños al ambiente. Los ejemplos más mencionados en la literatura son la muerte de predadores de ácaros por el uso de fungicidas Benzimidazoles, lo cual permite que éstos incrementen su población libremente hasta convertirse en verdadero problema. Aparte de esto, este tipo de fungicidas afecta la lombriz de tierra, causando problemas en la transformación del suelo. Otro problema detectado es la muerte de hongos parásitos de insectos, como por ejemplo, Entomophthora spp., que se ha encontrado parasitando áfidos o el genero Spicaria que parasita Pieris sp.
3. Inducción de plagas. La aplicación de compuestos cúpricos en café para evitar la entrada de la roya, sólo ha servido para asegurar el establecimiento y diseminación de la misma roya del café. La aplicación de Benzimidazoles pueden causar un incremento de problemas por Basidiomicetos.

CUADRO 3. INFORMACION GENERAL SOBRE FUNGICIDAS SISTEMICOS UTILIZADOS EN CENTROAMERICA

Nombre Común o Químico	Nombre Comercial	Selectividad
Acetamidas y Acilalaninas		
N-Cianoetil clorocetamida	Undonkor	Mildiús polvorientos
2-Cian-N-(etilaminocarbonil)- 2-(metoxiimino)-acetamida	Curzate	Oomicetes
Metalaxil	Ridomil	
Furalaxil	Fongarid	
Bensimidazoles		
Benomil	Benlate	Muchos ascomicetes, Deuteromicetes y Algunos Basidio- micetes
Carbendazim	Bavistin	
Metil-tiofanato	Topsin M	
Tiofanata	Topsin	
Tiabendazole	Mertect	
Carboxamidas		
Benodanil	Calirus	Basidiomicetes
Carboxin	Vitavax	
Oxicarboxin	Plantrax	
Piracarbolid	Sicarol	
Morfolinas		
Dodemorf	Meltatox	Mildiús polvorientos, royas
Tridemorf	Calixin	
Fosfatos orgánicos		
S-Bencil di isopropil		
Fosforotiolato	Kitazín P	<u>Piricularia</u> sp.
Edifenfos	Hinosan	Mildiú polvoriento
Pyrazofos	Afregan	
Triamifos	Wepsyn	
Pirimidinas exhidroxipirimidinas		
Bupírimato	Nimrod	Mildiús polvorientos
Dimetirimol	Milcurb	
Etirimol	Milstem	
Fenarimol	Bloc	Algunos Ascomicetes y Basidiomicetes
Nuarimol	Trimidal	
Parimol	Parnon	
Triazoles		
N-Butil-1, 2, 4, Triazol	Indar	Royas de la hoja Mildiú polvoriento <u>Piricularia</u> sp.
Fluotrimazol	Persulon	
Triciclazole	Beam 75	
Sistémicos menos selectivos		
Etilfosfite de Aluminio	Alliete	Diversos hongos
L-Butil- - fenil-1H imidazol-1-propanonitrilo	Sisthane	
2-cloro-6-metoxi-4-(triclorometil)		
Pirimidina	Pyroxiclor	
Cloroneb	Demosan	
Fenaminsulf	Dexon	
Imazalil	Fungaflor	
Protiocarb	Previcur	
Triadimefon	Bayleton	
Tridimenol	Baytan	

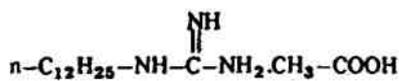
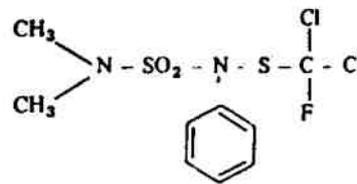
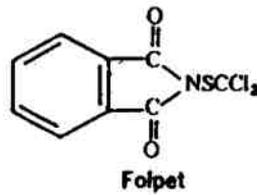
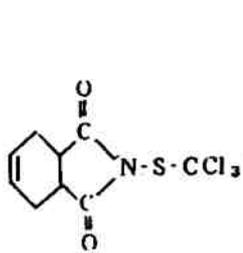
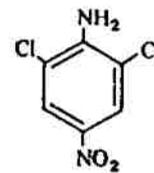
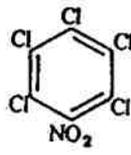
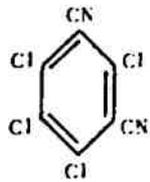
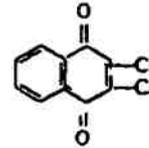
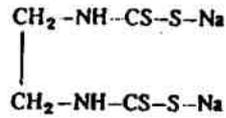
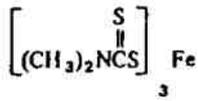
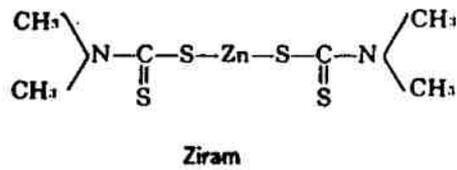
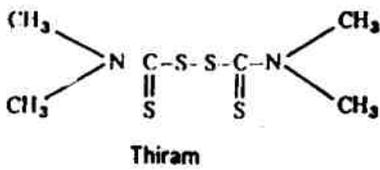


FIGURA 1. Fórmulas estructurales de algunos compuestos fungicidas importantes utilizados en Centro América.

4. Selección de poblaciones resistentes a fungicidas. Hasta 1970 este fenómeno fue muy raro. Sin embargo, en años recientes se han tenido experiencias de generación de resistencia, debido al incremento en uso de fungicidas sistémicos. Uno de los primeros problemas encontrados fueron las pérdidas que provocó Venturia inaequalis en los últimos años de la década de los 60 debido a la ruptura de la resistencia originada por el aumento de la dosis de 2 a 4 veces.

La resistencia a fungicidas ha sido demostrada más frecuentemente en compuestos del grupo de los Benzimidazoles. Incluso algunos autores mencionan que después del uso intensivo de estos fungicidas han aparecido poblaciones resistentes en sólo 3 años. En hongos se ha encontrado también la llamada resistencia cruzada. Aquellos que crearon resistencia con tiabendazol, fueron también resistentes al fuberidazol y al tiofanato de metilo.

En Guatemala poca a ninguna atención se presta al fenómeno de la creación de resistencia. Es importante que quienes se encargan de hacer recomendaciones para el control químico tengan en mente las pérdidas en las que se puede incurrir con la aparición de una población de patógenos resistentes a un fungicida de uso público y extensivo.

BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G. N. 1969. Plant pathology. Academic Press. New York and London. 187-206 p.
- BROWN, A.W.A. 1978. Ecology of pesticides. John Wiley & Sons, Pub. 525 p.
- CREMLYN, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Trad. al español de E. Baradon de Frixione y E. Frixione G. Editorial Limusa. México. 356 p.
- FRY, W. E. 1982. Principles of plant disease management. Academic Press. New York and London. Pp. 273-302.
- MARTIN, H. 1973. The Scientific principles of crop protection. Sixth Edition. Edward Arnold Pub. London. 423 p.