

# 11. Control Químico

J. LOERA-GALLARDO<sup>1</sup>, J. F. PÉREZ-DOMÍNGUEZ<sup>2</sup>  
Y L. A. RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Río Bravo, Km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Río Bravo, Tam 88900 MEXICO loera.jesus@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Apartado Postal 79, Ocotlán, Jal. 47800 MEXICO

## RESUMEN

En este capítulo se reseña el uso de los insecticidas químicos que han sido utilizados contra las plagas del suelo de diferentes cultivos en México desde 1960. Se mencionan las diversas formulaciones, épocas, métodos de aplicación, además de los factores que influyen en su efectividad. Se enlistan los insecticidas que han sido utilizados contra plagas del suelo en diferentes zonas agrícolas de México y se ofrecen ejemplos de su uso en los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Chiapas, Puebla y Tamaulipas. Se discuten los retos y perspectivas para el mejor uso de los insecticidas para el combate de plagas rizófagas.

## ABSTRACT

An overview of the historical usage of chemical insecticides against soil insect pests in different crops in México since 1960 is presented. The different formulations, time and method of application are analyzed. Factors affecting the insecticidal effectiveness in the soil are discussed. The insecticides used against soil insect pests in different geographical areas in México are listed, with examples of their use in the States of Jalisco, Nayarit, Michoacán, Chiapas, Puebla and Tamaulipas. Challenges and perspectives for improving the usage of soil insecticides are discussed.

## INTRODUCCIÓN

Los insecticidas químicos representan hasta el momento la herramienta más utilizada para el control de las plagas del suelo, a pesar de sus desventajas económicas y ecológicas (Lilly 1956, Harris 1972a, Mayo 1986, Metcalf 1986, Levine y Oloumi-Sadeghi 1991). Para minimizar el impacto negativo del uso de insecticidas, se han implementado diversas estrategias alternativas para el manejo de las plagas edáficas (French *et al.* 2007). La rotación de cultivos en la faja maicera de E.U.A. redujo el uso de insecticidas contra el “gusano raicero”, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte en un 50% desde fines de los 1970’s; sin embargo, un cambio reciente en el comportamiento del insecto ha provocado que dicha práctica cultural ya no sea efectiva y los productores han retomado el control químico como la estrategia principal (Gray *et al.* 1998).

Los primeros productos químicos utilizados para el control de los insectos del suelo fueron insecticidas inorgánicos arsenicales, insecticidas botánicos y algunos fumigantes. Los arsenicales presentaron mayor actividad fitotóxica que insecticida y los botánicos y fumigantes resultaron inefectivos. Posteriormente, el desarrollo del DDT a fines de la década de los 1940’s y después los insecticidas ciclodienos, representaron una época de gran optimismo para el control de los insectos del suelo. Los insecticidas organoclorados, particularmente aldrín, heptacloro y clordano fueron notablemente efectivos contra la mayoría de las especies plaga del suelo de importancia económica y llegaron a aplicarse de manera extensiva (Lilly 1956); su eficiencia perduró hasta los 1960’s, cuando emergieron los problemas de resistencia en varias especies de insectos por el abuso de estos productos. Previamente al desarrollo de la resistencia, se observaron resultados erráticos en la efectividad de estos insecticidas contra varias especies plaga, debido principalmente al efecto de la humedad y tipos de suelo (Harris 1972a). Un renovado éxito en el control químico de las plagas del suelo se fortale-

ció desde los años 1960’s con el desarrollo de los insecticidas organofosforados y carbamatos (Harris 1972a) y más recientemente con los piretroides y neonicotinoides. Actualmente, el control químico de las plagas del suelo se sustenta en estos últimos cuatro grupos cuya diversidad en compuestos tóxicos y formulaciones facilita tomar la decisión adecuada para un problema determinado. El presente capítulo hace un recuento histórico del uso de los insecticidas para el control de las plagas del suelo, con particular énfasis en los resultados obtenidos en México.

## FORMULACIONES, ÉPOCAS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN

Existen numerosas combinaciones de formulaciones, épocas y métodos de aplicación de insecticidas para el control de las plagas del suelo, en función del tipo de plaga, cultivo y sistema de producción. Los insecticidas más comunes tienen una presentación en polvo, granulados o líquidos. Los polvos y granulados pueden aplicarse en forma total, en banda, mateados o mezclados con el fertilizante. Los líquidos se aplican en forma total o en banda, al fondo del surco, a los lados de la planta, sobre la base de la planta, impregnados al fertilizante o a la semilla. Las épocas de aplicación pueden ser antes o al momento de la siembra y en diferentes fases fenológicas del cultivo (Félix 1978, Sánchez 1983). Bajo ciertas circunstancias, se justifica la aplicación de insecticidas particularmente durante la reproducción y maduración del cultivo o en sitios aledaños para el control de la fase adulta de la plaga (Morón *et al.* 1998). La aplicación manual de granulados mediante “saleros” o de líquidos con mochilas aspersoras se justifica en áreas infestadas en manchones o en sistemas de producción de subsistencia, aunque la mayoría de las aplicaciones contra plagas del suelo se realiza actualmente mediante aplicación mecanizada terrestre o aérea, particularmente en sistemas de producción extensivos o altamente tecnificados.

Hays y Morgan (1965) determinaron que los insecticidas aplicados al boleo en forma total fueron más efectivos que aplicados en banda contra larvas de “diabrotica” en cacahuete. Toba y Turner (1979) evaluaron insecticidas granulados en aplicación total al boleo, al fondo del surco, y a los lados de la planta contra “gusanos de alambre” en papa; aunque la mayor efectividad fue obtenida con las aplicaciones totales al boleo, éstas no fueron económicamente costeables y en su lugar se opta por las aplicaciones en banda o al surco (Spencer 2001).

En Jalisco, es una práctica común la aplicación aérea de insecticidas granulados cuando el cultivo tiene 55 o más días después de la emergencia. Esta práctica, a pesar de ser generalizada, es la menos efectiva para controlar plagas del suelo debido a problemas de arrastre y distribución del producto en la parcela o a lo extemporáneo de la aplicación. En Jalisco y Michoacán es frecuente la aplicación de insecticida mezclado con fertilizante en parcelas pequeñas; se usa un saco o bolsa conteniendo la mezcla y en su base se ata un tubo de plástico para dar salida al material (Pérez 1994). Por otra parte, las sembradoras de precisión tienen integrado depósitos para insecticidas granulados, cuya cantidad se regula mediante un calibrador que permite aplicar la cantidad necesaria. Otro equipo similar, que puede ser acoplado en la barra de cualquier tractor son los botes aplicadores de granulados tipo “Gandy” (Fig. 1).

Las aplicaciones en banda se realizan depositando el insecticida en una franja de 20 cm sobre el surco recién sembrado e incorporándolo al suelo inmediatamente (Spencer 2001). Cuando las aplicaciones se hacen al surco, el insecticida se aplica al momento de la siembra junto con las semillas. Las aplicaciones en banda o al surco protegen el área central de las raíces pero dejan sin protección la periferia de la planta entre los surcos, aunque el daño que puede ocurrir en esta área no es de importancia económica.

En el caso de problemas con “gusanos de alambre” y “gallina ciega” la aplicación al surco



**Figura 1.** Demostración sobre el uso de aplicadores de granulados tipo “Gandy” que se acoplan a la barra de la sembradora para aplicar insecticida al suelo al momento de la siembra. Río Bravo, Tam., México. 1980.

es más efectiva; contra “gusanos trozadores”, la aplicación en banda es más favorable. Los insecticidas deben incorporarse al suelo durante su aplicación, de otra manera se volatilizarán o serán descompuestos, resultando en nula efectividad. Cuando se aplican al momento de la siembra, su residualidad debe perdurar durante 6 a 10 semanas para ejercer control contra insectos como el “gusano raicero”; sin embargo, el control de esta plaga es más efectivo con aplicaciones al momento de la primer escarda (Wright *et al.* 1999).

Para que los insecticidas de acción sistémica sean efectivos, debe existir suficiente humedad en el suelo para que el producto sea absorbido a través de las raíces (Anónimo 2001). Insecticidas como aldicarb, carbofuran, disulfoton, phorate y terbufos poseen acción sistémica y pueden ser aplicados al momento de la siembra; además de su efectividad contra plagas del suelo, son efectivos contra insectos chupadores como “pulgonos” y “chinches” que atacan a las plántulas. Generalmente, el tiempo de persistencia de un insecticida para el control de plagas en plántulas o en semillas es aproximadamente de tres semanas a partir de la siembra. Aunque se puede lograr un período mayor de persistencia con dosis mayores, raramente alcanzan las cuatro semanas de control

efectivo de la plaga. Cuando las necesidades de protección contra plagas foliares se refieren a períodos mayores de cuatro semanas, se debe optar por aplicaciones de insecticidas líquidos en aspersión al follaje (Steffey y Gray 2001).

Durante varias décadas, la aplicación de insecticidas granulados al momento de la siembra ha sido la táctica más importante para el control de “gusanos de la raíz”, “gusanos de alambre”, “trozadores” y “gallina ciega”. Tales aplicaciones deben realizarse bajo los fundamentos del manejo integrado de plagas, que incluyen actividades de muestreo, biología y umbrales económicos para tomar decisiones acertadas (Gray 2007). González (1983) documentó que en Michoacán las aplicaciones más efectivas de insecticidas granulados fueron las realizadas al momento de la siembra. Sin embargo, Felix (1991) menciona que en Jalisco la aplicación de insecticida al momento de la siembra y en la segunda fertilización resultó más efectiva que aplicar solamente al momento de la siembra. Rodríguez-del-Bosque (1980) documenta que la aplicación en banda de insecticidas granulados, cerca de la semilla, es efectiva en el combate de la gallina ciega.

Una alternativa importante para el control de plagas del suelo es mediante la siembra de semilla tratada con insecticidas sistémicos. Rodríguez-del-Bosque (1980, 1988) mencionó un control aceptable de “gallina ciega” mediante el uso de insecticidas sistémicos impregnados a la semilla, además de lograr una reducción de costos con este método, comparado con la aplicación de granulados en banda. Uno de los aspectos que deben considerarse en las aplicaciones de insecticidas a la semilla es la fitotoxicidad (Mayo 1976). Recientemente, se han desarrollado nuevas formulaciones que evitan los riesgos de fitotoxicidad. Desde 2005 se comercializa semilla tratada con teflutrin (Force), imidacloprid (Gaucho), tiametoxam (Crusier) y clotianidin (Poncho), insecticidas con acción sistémica, estomacal y de contacto, pertenecientes a la familia de los neonicotinoides porque semejan a la nicotina en su modo de

acción. Actúan en un sitio específico del sistema nervioso central, provocan parálisis y finalmente la muerte del insecto. Debido a este modo de acción, se asume que no hay resistencia cruzada con los insecticidas convencionales (carbamatos, organofosforados y piretroides). Los insecticidas neonicotinoides son relativamente no tóxicos a los vertebrados, de baja toxicidad a escarabajos depredadores en el suelo y de moderada toxicidad contra crisopas. Son efectivos contra insectos chupadores, “gusanos trozadores”, “gusanos de alambre”, “gallinas ciegas”, hormigas de fuego, “chinches”, “pulga negra”, “pulgonos”, “trips”, “colaspis” de la vid y la “mosca de la semilla” (Steffey y Gray 2001, Rice 2005).

En Jalisco, Michoacán y Nayarit se usan los insecticidas Regent, Poncho, Crusier, Cosmos, Confidor, Brigadier, Talstar, Furadan, Semevin, Larvin, Future, Germate y Marshal como tratamientos a la semilla y son aplicados en dosis que varían de 1 a 4 L/100 kg de semilla (Pérez 1991). Los insecticidas comúnmente aplicados en Tamaulipas como tratamiento a la semilla de maíz es el Furadan 300 TS en dosis de 3 L/100 kg de semilla y en menor escala Semevin 350 en dosis de 3 L/100 kg de semilla. La cantidad de insecticida que se usa para el tratamiento a la semilla es hasta un 67% menor que la que se usaría aplicando el insecticida directamente al suelo, además de su reducido costo y menor impacto en insectos no blanco (Rodríguez-del-Bosque 1980, 1988).

## **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFECTIVIDAD DE LOS INSECTICIDAS**

Los problemas de resistencia de insectos, la persistencia de residuos en el suelo y en algunos casos, la inefectividad o resultados erráticos de los insecticidas organoclorados provocaron su gradual eliminación para el control de plagas del suelo. Como alternativa a los organoclorados, se inició el uso de los organofosforados y carbamatos, efectivos contra insectos foliares, pero no tan

efectivos como los organoclorados contra las plagas rizófagas. Los primeros organofosforados y carbamatos que resultaron efectivos contra estas plagas, en algunos casos mostraron inconsistencia en el control (Harris 1970). Con el propósito de lograr un adecuado control, se consideró necesario identificar los factores que influyen en la efectividad de los insecticidas aplicados al suelo. Durante el período de 1955 a 1970 se realizaron numerosos estudios al respecto y se determinó la interrelación de varios factores, entre ellos el propio insecticida, el suelo, las condiciones climáticas, la susceptibilidad y comportamiento del insecto (Harris 1972a). En general, La actividad de los insecticidas una vez aplicados en el suelo se completa a través de los procesos de adsorción, transporte y degradación y los factores de mayor impacto para la eficacia y persistencia se describen a continuación:

### **Tipo de Suelo**

La persistencia de la actividad biológica depende del tipo de suelo; los insecticidas de contacto altamente efectivos como dursban, diazinon y metomil han resultado ineficientes al ser incorporados a suelo mineral húmedo (Harris 1966). El contenido de arcilla y materia orgánica en el suelo se correlaciona inversamente con la movilidad del insecticida, lo que afecta su dispersión vertical y horizontal a causa de su interacción con las partículas del suelo a través de los mecanismos de adsorción y desorción. El contenido de arcilla y de materia orgánica puede variar de 1 a 50% en suelos arenosos o arcillosos, respectivamente (Kamble 2006). El DDT, heptacloro, diazinon y paration han resultado menos efectivos en suelos con alto contenido de materia orgánica (Large y Carlson 1956, Harris 1966) y la efectividad de los organofosforados y carbamatos en suelo húmedo ha sido inversamente proporcional al contenido de materia orgánica (Campbell *et al.* 1971). Comúnmente los insecticidas organofosforados como diazinon, paration, zínfos y nemacide son inactivados en suelos orgánicos (Harris 1966).

### **pH**

El pH del suelo ejerce un gran impacto en la efectividad de un insecticida porque influye en la rapidez con que se degrada; los insecticidas son más persistentes en suelos ácidos que en alcalinos (Kamble 2006). Generalmente los suelos en México están dentro de un rango de pH de 6 a 8, alcalinos en zonas secas y ácidos en zonas lluviosas.

### **Temperatura y Humedad**

Los insecticidas son por lo general más eficientes y persistentes en suelos con baja temperatura y contenido de humedad. Temperaturas cálidas y alto contenido de humedad en los suelos aceleran la actividad de los microorganismos degradadores de los químicos (Kamble 2006). El DDT, lindano, dieldrin y heptacloro son inactivados en suelos secos, a causa de la adsorción (Hadaway y Borlow 1951).

### **Solubilidad**

El grado de solubilidad de un insecticida en el agua influye en su distribución y movilidad en el suelo; los compuestos solubles pueden tener una fuerte afinidad para ser adsorbidos por partículas de suelo y ser limitados en su dispersión, aunque una combinación de factores es lo que finalmente determina la movilidad en el suelo (Kamble 2006); la efectividad de los insecticidas en el suelo disminuye a medida que su solubilidad en el agua aumenta (Harris y Mazureck 1964).

### **Fotodegradación**

La descomposición de los insecticidas debida a la acción solar no es un factor importante en la degradación de los insecticidas aplicados al suelo (Kamble 2006).

### **Degradación Química**

Es el proceso más importante que afecta la vida promedio de los insecticidas en el suelo e involucra a la hidrólisis, la oxidación y la reducción (Kamble 2006). A través de la hidrólisis, un insecticida reacciona con el agua y se producen

compuestos menos tóxicos; los excesos de humedad en el suelo particularmente provocan esta reacción. La oxidación es una reacción a través de la cual un átomo de oxígeno es añadido a una molécula del insecticida; inicialmente no se produce una degradación del químico, pero una molécula más oxidada facilita la degradación microbial o química. En el proceso de reducción, una molécula del insecticida se considera reducida si su contenido de hidrógeno aumenta o su contenido de oxígeno disminuye. Las reacciones de reducción se incrementan en un suelo con excesiva humedad y como consecuencia los insecticidas se degradan rápidamente. De manera similar al proceso de oxidación, la reducción puede ser un paso preliminar hacia una degradación mediante otro proceso.

### **Degradación Microbial**

Los microorganismos presentes en el suelo como las algas, hongos y bacterias dependen de compuestos orgánicos para obtener energía y lograr su desarrollo. La degradación de un insecticida por microorganismos puede incrementar o disminuir su efectividad biológica. Los insecticidas aldrin y heptacloro incrementan su actividad y persistencia en el suelo porque son degradados a otros compuestos más tóxicos (Edwards *et al.* 1957, Gannon y Bigger 1958, Lichtenstein y Schulz 1960, Miles *et al.* 1969). Las implicaciones de la biodegradación de insecticidas en el suelo en los agroecosistemas fué revisada ampliamente por Felsot (1989).

### **Volatilización**

Mediante este proceso los insecticidas sólidos o líquidos se transforman en gases. La estructura del producto químico determina su presión de vapor, su solubilidad en el agua del suelo y la tendencia a ser adsorbido. Bajo condiciones de bajas temperaturas, los suelos escasos de humedad y con alto contenido de materia orgánica o arcilla causan una pérdida reducida de los químicos, aún de los más volátiles, por el efecto de adsorción; por otra parte, las temperaturas elevadas y

los excesos de humedad en el suelo provocan una gran desorción y volatilización (Kamble 2006). Aldrin y heptacloro son moderadamente volátiles y consecuentemente de fácil dispersión para contactar al insecto, a diferencia del paratión que es de limitada volatilidad en el suelo (Harris y Mazurek 1964).

### **El Insecticida**

Las propiedades fisicoquímicas de un insecticida determinan su efectividad en el suelo aunque no es posible predecir su actividad porque el conocimiento de la relación entre la estructura de un insecticida y su efectividad en el suelo es limitado. Sin embargo, es posible mencionar que los organoclorados son más persistentes y activos en el suelo contra una amplia variedad de insectos en comparación con los organofosforados o carbamatos que muestran menor persistencia y mayor especificidad en su acción; dentro del grupo de organofosforados, los halogenados son los más activos (Harris y Mazurek 1964, 1966; Mulla 1964, Harris 1970). La persistencia de los organoclorados en el suelo ha sido de un año (aldrin) a 30 años (DDT), mientras que la de los organofosforados ha variado de una semana (malation y paration) hasta 16 semanas (carbofuran) (García 1997, SEMARNAP 1999a).

### **El Insecto**

Las especies de insectos varían ampliamente en su tolerancia natural a los insecticidas, aún especies cercanamente relacionadas, como se mostró para los "gusanos trozadores" *Agrotis ipsilon*, *Peridroma saucia*, *Euxoa messoria* y *E. ochrogaster*, las cuales respondieron con notable diferencia a la toxicidad de dursban, aldrin, metomil y DDT (Harris 1970). Los diferentes estadios de una misma especie también pueden variar en su tolerancia a los insecticidas; Harris y Svec (1968) mostraron que en cada estadio sucesivo, *A. ipsilon* y *E. messoria* incrementaron su tolerancia a DDT, aldrin y dursban; además indicaron una respuesta diferente en cada estado

de desarrollo (huevo, estadios, pupa y adulto) de *E. messoria* a DDT, dursban y galecron.

Otra característica importante de los insectos concierne a su habilidad para generar resistencia a los insecticidas. Los insecticidas de mayor persistencia en el suelo contribuyen grandemente al desarrollo de plagas resistentes. Se ha documentado la resistencia a los insecticidas del grupo ciclodieno a insectos como el “gusano de alambre” *Conoderus falli*, el “gusano de la raíz” *Dia-brotica virgifera*, los “gusanos de la semilla” *Hylemya platura* y *H. florilega*, el “gusano de la cebolla” *H. antiqua*, el “gusano de la col” *H. brassica*, la “mosca de la zanahoria” *Psila rosae* y el barrenador *Amphimallon majalis* (Norris 1957, Howitt 1958, Ball y Weekman 1962, Harris *et al.* 1962, Harris 1972b). En el sur de Texas, E.U.A., en 1967 se detectó por primera vez resistencia de *Phyllophaga crinita* a los insecticidas organoclorados (Plapp y Frankie 1976). Algunas especies como *Psila rosae*, *H. brassica* y *H. antiqua* resistentes a aldrin, mostraron resistencia cruzada a otros ciclodienos, excepto a DDT o a los grupos de organofosforados o carbamatos (Harris *et al.* 1963, Harris y Hitchon 1966, Harris 1972b). Los principales requerimientos para el desarrollo de resistencia a organofosforados y carbamatos, como sucedió para los clorados, es que los residuos en el suelo sean lo suficiente altos para presentar una presión de selección constante en cada generación del insecto (Harris 1972b). Ball (1968) documentó el desarrollo gradual de resistencia de *D. virgifera* hacia diazinon y forate en los E.U.A. El desarrollo de organofosforados y carbamatos con mayor poder residual y la constante presión de selección en insectos del suelo que tienen varias generaciones al año puede generalizar la resistencia a estos insecticidas (Harris 1972b).

Los estudios sobre resistencia de plagas rizófagas a los insecticidas en México son escasos. En su inicio, los nuevos insecticidas mostraron una aceptable eficiencia pero a través de los años los niveles de efectividad se han reducido y como consecuencia, las dosis recomendadas se han

incrementado sin obtener resultados favorables. Ponce *et al.* (1994) evaluaron la resistencia de “gallina ciega” *Cyclocephala comata* a diversos insecticidas organofosforados y encontraron niveles de resistencia a carbofuran y terbufos. En los últimos años, también se ha demostrado que especies de *Phyllophaga* y *Cyclocephala* presentan resistencia a algunos insecticidas; aplicaciones tópicas con clorpirifos, diazinon, carbofuran y bufencarb, indicaron DL<sub>50</sub> de 3.0, 1.9, 1.5 y 0.15 µg/g de peso del insecto, respectivamente (Ponce *et al.* 2006).

El comportamiento del insecto en respuesta al tipo y condición del suelo es otro factor que influye en la efectividad del insecticida. A medida que la temperatura disminuye el insecto reduce su movilidad y su contacto con el insecticida es menor. Condicionada por el grado de humedad y textura del suelo, la oviposición de los insectos puede realizarse en sitios donde el químico es inactivado (Harris 1972a). A pesar de que el DDT fue igualmente efectivo contra los “gusanos trozadores” *E. messoria*, *P. saucia* y *A. ipsilon*, el control de estas especies fue diferente en suelo mineral, debido a su comportamiento larval; *E. messoria* es atraído a suelo mineral seco y en sus primeros instares barrena las plantas, *A. ipsilon* es atraído a suelo mineral húmedo y en su tercer o cuarto instar barrena las plantas, *P. saucia* es atraído a suelo húmedo y en su quinto instar barrena las plantas; debido a estas diferencias la dosis de DDT para el control de estas especies fue de 4.5, 2.2 y 0.28 kg/ha, respectivamente (Harris y Svec 1968).

## INSECTICIDAS UTILIZADOS EN MÉXICO

En México, las plagas del suelo son de mayor importancia económica en los estados de Jalisco, Veracruz, Nayarit, Estado de México, Tamaulipas, Puebla, Michoacán y Guanajuato (Romero 1978), donde, durante la década de los 1960's se realizaron intensivamente los primeros estudios de evaluación de insecticidas organoclorados. Posteriormente, al igual que en otros países, se

utilizaron los nuevos grupos químicos organofosforados, carbamatos, piretroides y neonicotinoides y se evaluaron diversas formulaciones (Cuadro 1), dosis y métodos de aplicación, con

**Cuadro 1. Formulaciones granulares, polvos o líquidos aplicados contra las plagas del suelo en México.**

Grupo	Nombre comercial	Nombre común	Modo de acción
Organoclorados	Aldrin	Aldrin	Insecticida de contacto, estomacal
	Heptacloro	Heptacloro	Insecticida de contacto, estomacal
	Dieldrin	Dieldrin	Insecticida de contacto, estomacal
	BHC	BHC	Insecticida de contacto, estomacal
	Toxafeno	Toxafeno	Insecticida de contacto, estomacal
	DDT	DDT	Insecticida-acaricida de contacto, estomacal
	Clordano	Clordano	Insecticida, de contacto, estomacal
	Lindano	Lindano	Insecticida fumigante, de contacto, estomacal
	Endrin	Endrin	Insecticida, de contacto, estomacal
	Tiodan	Endosulfan	Insecticida-acaricida de contacto, estomacal
Organofosforados	Apache	Cadusafos	Insecticida-nematicida, de contacto, estomacal
	Rugby		
	Lorsban, Dursban	Clorpirifos	Insecticida de contacto, estomacal
	Diazinon, Basudin	Diazinon	Insecticida de contacto, estomacal
	Paration metílico	Paration metílico	Insecticida de contacto, estomacal
	Paration etílico	Paration etílico	Insecticida de contacto, estomacal
	Malation	Malation	Insecticida, acaricida
	Azteca	Tebupirimfos	Insecticida de contacto
	Nemacide	Diclofention	Insecticida, nematicida, acaricida
	Zinofos	Tionazin	Insecticida, nematicida
	Counter	Terbufos	Insecticida de contacto
	Mocap	Etoprofos	Insecticida-nematicida, de contacto
	Dasanit	Fensulfothion	Insecticida-nematicida
	Birlane	Clorfenvinfos	Insecticida-acaricida de contacto
	Miral	Isazofos	Insecticida sistémico de contacto, estomacal, nematicida,
	Triunfo		
	Dyfonate	Fonofos	Insecticida de contacto
	Disiston	Disulfoton	Insecticida sistémico, acaricida
Volatón	Foxim	Insecticida de contacto, estomacal	
Oftanol	Isofenfos	Insecticida de contacto	

(Continúa en la página siguiente)



(Continuación)

Grupo	Nombre comercial	Nombre común	Modo de acción
Organofosforados	Tokution	Protiofos	Insecticida de contacto, estomacal
	Thimet	Forato	Insecticida-acaricida, de contacto, sistémico, fumigante
Pyrazoles	Regent	Fipronil	Insecticida sistémico, de contacto, estomacal
Piretroides	Brigadier	Bifentrina	Insecticida-acaricida, de contacto, estomacal
	Mustang	Zetacipermetrina	Insecticida de contacto, estomacal
	Decis	Deltametrina	Insecticida de contacto, estomacal
	Force	Teflutrina	Insecticida sistémico, de contacto
	Spraytox	Kadetrina	Insecticida de contacto
Carbamatos	Marshal	Carbosulfan	Insecticida sistémico, de contacto, estomacal
	Furadan, Curater	Carbofuran	Insecticida-nematicida, sistémico de contacto, estomacal
	Bux	Bufencarb	
	Future	Tiodicarb	Insecticida de contacto, estomacal
	Temik	Aldicarb	Insecticida sistémico, acaricida, nematicida
	Broot	Trimetacarb	
	Lanate	Metomil	Insecticida sistémico, de contacto, estomacal, nematicida
	Sevin	Carbaril	Insecticida de contacto, estomacal

resultados diversos y con frecuencia de reducida efectividad.

Algunos plaguicidas como aldicarb, forato, carbaril, clordano, endosulfan, kadetrina, toxafeno, lindano y paration etílico, prohibidos en algunos países, continúa su uso en México a pesar de estar también prohibidos o restringidos. En Jalisco se han excluido del mercado a los insecticidas Aldrin 2.5%, Heptacloro 2.5%, (Castañeda *et al.* 1978), Triunfo 5% G, Oftanol 5%G, Tokuthion 5% G, Volaton 5% G y Mocap 10% (Pérez y Valdez 1987). En el Cuadro 2 se incluyen los insecticidas líquidos utilizados en México como tratamientos a la semilla para el control de plagas del suelo. En el Cuadro 3 se enlistan los nombres comunes de los insecticidas utilizados en México y las plagas contra las que se han aplicado.

## Jalisco

En Jalisco, los insecticidas organoclorados como aldrin y dieldrin se utilizaron desde 1962 contra plagas de la raíz (*Diabrotica virgifera zaeae*, *Phyllophaga ravida*, *Phyllophaga* spp. y *Cyclocephala* spp.). Durante 1971 se restringió el uso de estos tóxicos y las alternativas para el control de las plagas del suelo fueron los también organoclorados heptacloro, clordano y BHC; sin embargo, la información escasa acerca de la biología y comportamiento de las plagas y de las dosis de los insecticidas causaron deficiencias en su control (Félix 1978). En 1974 se inició el uso de los insecticidas organofosforados, principalmente foxim, diazinon y fonofos; el uso de otros insecticidas a menor escala incluyeron clordano, clorpirifos y clorfenvinfos. Durante esta misma época inició la comercialización del insecticida carbofuran del grupo de los carbamatos (Castañeda *et al.* 1978).

**Cuadro 2. Formulaciones líquidas utilizadas como tratamiento a la semilla contra plagas del suelo en México.**

Grupo	Nombre comercial	Nombre común	Modo de acción
Organoclorados	Germate	Vitavax + lindano	Insecticida-fungicida, sistémico y de contacto
Pirazoles	Regent 4 SC	Fipronil	Insecticida sistémico, de contacto y estomacal
	Cosmos 4 TS		
Piretroides	Brigadier 300 TS	Bifentrin	Insecticida-acaricida, de contacto y estomacal
	Talstar TS		
Carbamatos	Furadan 300 TS, 350 TS	Carbofuran	Insecticida-nematicida, sistémico, de contacto y estomacal
	Semevin 350 TS	Tiodicarb	Insecticida de contacto y estomacal
	Larvin		
	Future 300		
	Marshal 250 TS	Carbosulfan	Insecticida sistémico de contacto y estomacal
Neonicotinoides	Poncho 600 TS	Clotianidin	Insecticida sistémico, de contacto y estomacal
	Crusier 5 TS	Tiametoxam	
	Confidor	Imidacloprid	
	Gaucho 480 TS		

Durante los 1970's, en ensayos para el control de *Diabrotica virgifera zea* en maíz, se mencionan a los insecticidas Aldrin 2.5 en dosis de 25 kg/ha, Heptacloro 2.5 a 75 kg/ha y Volaton 2.5 a 50 kg/ha, como el más efectivo. Durante 1977, contra esta misma especie se evaluaron los insecticidas Lorsban 1.5 P (50 kg/ha), Volaton 2.5 P, Counter 5G, Birlane 2.5P, Basudin 2P (40 kg/ha), Furadan 5G (35 kg/ha), Bux 2P (30 kg/ha), Oftanol 5G (25 kg/ha), Miral 10G y Difonate 10G (10 kg/ha), con resultados efectivos, excepto Volaton, Counter y Bux (Castañeda *et al.* 1978).

Contra *Colaspis* spp. en maíz, Heptacloro y Clordano en dosis de 1.25 y 2.5 kg i.a./ha, respectivamente, resultaron menos efectivos que Volaton 2.5P (50 kg/ha), Difonate 10G (10 kg/ha) y Oftanol 5G (25 kg/ha). Por otra parte, Lorsban 1.5P (50 kg/ha) causó fitotoxicidad y afectó el desarrollo del cultivo; otros insecticidas como Basudin 2P (50 kg/ha) y la mezcla Toxafeno 5 + DDT 2.5 + Paration metílico 1.25P (30 kg/ha)

resultaron con menor efectividad (Alavéz 1978). Felix (1978) y Bautista (1978) reportan que durante 1962-63 se utilizaron de manera intensiva los insecticidas aldrin, dieldrin y heptacloro contra "gallinas ciegas", "gusanos de alambre" y larvas de "diabrotica" en maíz; posteriormente se utilizaron Volaton, Dasudin, Difonate, Clordano, Lorsban y Birlane y aplicaciones líquidas de Clordano 40%, Lindano o Endrin 19.5%. Resultados de evaluaciones en 1976, no mostraron resultados consistentes de algún insecticida en particular contra las plagas del suelo, cuando se usaron en cuatro localidades.

Alavez y Félix (1988) mencionan que después de una selección rigurosa basada en resultados de ensayos realizados durante varios años, se incluyeron en el cuadro básico de plaguicidas a carbofuran 5G, isofenfos 5G, terbufos 5G, fonofos 5G y clorpirifos 3G. En ensayos realizado por estos mismos autores, se documenta a carbofuran 5G (1000 g i.a./ha) y teflutrina 1G (150-200 g i. a./ha) como los más efectivos para el control de

**Cuadro 3. Grupos toxicológicos de los insecticidas usados en México contra plagas del suelo en México.**

Grupo toxicológico*	Nombre común	Plagas contra las que se ha utilizado
OC-CD	Aldrin	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , gusanos de alambre
	Heptacloro	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
	Dieldrin	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , gusanos de alambre
	Endrin	Gallinas ciegas, diábróticas y gusanos de alambre
	Endosulfan	Moscas blancas, trips, diábróticas y gusanos de alambre
	Toxafeno	<i>Colaspis</i>
	Clordano	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> y gusanos de alambre
	BHC	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
OC-DDT	DDT	<i>Colaspis</i>
OC-BE	Lindano	<i>Phyllophaga</i> spp., diábróticas y gusanos de alambre
	Cadusafos	
FH-SE	Clorpirifos	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , <i>Agrotis ipsilon</i> y gusanos de alambre
	Diazinon	<i>Phyllophaga</i> spp., gusanos de alambre, <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
FC-SM	Paration metílico	<i>Colaspis</i>
F-CX	Malation	Diabrotica, picudos.
I-MISC	Tebupirimfos	<i>Phyllophaga ravida</i>
FA-OE	Etoprofos	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica, gusanos de alambre
FC-CE	Fensulfothion	Diabrotica
FC-OE	Clorfenvinfos	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , gusanos de alambre
DF-CX	Isazofos	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> y gusanos de alambre
FA-SE	Forato	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica
	Disulfoton	Gallina ciega, diabrotica
FC-SE	Foxim	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
	Fonofos	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
	Isofenfos	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Diabrotica virgifera zea</i> , <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
	Protiofos	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica, gusanos de alambre
PIRAZOLES	Fipronil	Diversas plagas del suelo

(Continúa en la página siguiente)

(Continuación)

Grupo toxicológico*	Nombre común	Plagas contra las que se ha utilizado
C-PIRT	Bifentrin	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica
PIRT	Zetacipermetrina	<i>Phyllophaga lalanza</i>
	Deltametrina	<i>Agrotis ipsilon</i>
	Teflutrina	insectos chupadores, escarabajos, gusanos trozadores, gusanos de alambre, gallinas ciegas, diabroticas, hormigas de fuego, chinches, pulga negra, pulgones, trips, colaspis de la vid, mosca de la semilla
CH-MM	Carbofuran	<i>Phyllophaga</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp., <i>Paranomala</i> spp., <i>Diabrotica</i> spp., <i>Colaspis</i> , gusanos de alambre
	Bufencarb	<i>Diabrotica virgifera zea</i>
C-MISC	Carbosulfan	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica, gusanos de alambre
	Tiodicarb	Gusanos alambre y otras plagas del suelo
CA-MM	Aldicarb	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica, gusanos de alambre, <i>Colaspis</i>
	Broot	<i>Phyllophaga</i> spp., diabrotica, gusanos de alambre, <i>Colaspis</i>
	Metomil	<i>Phyllophaga</i> spp.
CC-MM	Carbaril	<i>Agrotis ipsilon</i>
NEONICOTINOIDES	Clotianidin	insectos chupadores, diabrotica, escarabajos, gusanos trozadores, gusanos de alambre, gallinas ciegas, hormigas de fuego, chinches, pulga negra, pulgones, trips, colaspis de la vid y mosca de la semilla
	Tiametoxam	
	Imidacloprid	

\* Lagunes y Rodríguez (1989)

“gallinas ciegas” y “diabrotica” e indican que teflutrina se constituyó en una nueva opción para el combate de plagas raiceras en Jalisco. Por otra parte, Nájera (1988) documenta una mayor eficiencia con Oftanol 5G, Furadan 5G, Difonate 5G, Counter 5G, Tokution y Miral 5G en el control de *P. ravida* y *Diabrotica virgifera zea*. Otros estudios de efectividad biológica de insecticidas contra plagas del suelo en Jalisco incluyen a Triunfo, Force, Brigadier, Azteca, Broot, Volaton 5G, Furadan 5G, Triunfo 5G, Mocap 10G, Oftanol 5G, Lindano, Tebupirimfos y Tokution (Valdez y Pérez-Domínguez 1985, Pérez y Valdez 1987, Torres *et al.* 1992, Aguilar-Mariscal 2004, Aguilar-Marsical y Pérez 2004).

### Nayarit

Las “gallinas ciegas”, “diabroticas”, “gusanos de alambre” y *Colaspis* spp. son las plagas del

suelo de mayor importancia del maíz en Nayarit (Anónimo 1987) y los insecticidas reportados como de mayor efectividad fueron BHC 3P, Oftanol 5G, Furadan 5G, Counter 5G, Lorsban 3G, Basudin 4G y Volaton 5G, aplicados al momento y 15 días después de la siembra (Ramírez 1985); posteriormente, Cuevas *et al.* (1988) reportan que Volaton 5G aplicado al momento o a los 30 días después de la siembra resultó con mayor efectividad comparado con los evaluados por Ramírez (1985). Para el control de los adultos de *Phyllophaga lalanza* que ocurren en grandes concentraciones durante la noche, resultó efectiva la aplicación de 5 ml de zetacipermetrina/l de agua (Morón *et al.* 1998). En el sur del Estado se evaluó la respuesta de “gallina ciega” y “diabrotica” a los insecticidas granulados terbufos y protiofos mezclados con fertilizante y sin mezclar, en aplicaciones al momento de la pri-

mera y segunda fertilización; bajo estas condiciones se obtuvo mayor eficacia cuando se realizaron dos aplicaciones de terbufos (Urias 1991).

### Guanajuato

El insecticida Furadan 5G aplicado contra *Diabrotica virgifera zea*, *D. balteata* y *D. undecimpunctata*, en dosis de 30 kg/ha al momento de la siembra, fue de mayor efectividad que cuando se aplicó al momento de la primer escarda o con el testigo sin aplicación (Magallanes 1988).

### Michoacán

Debido a la ineficiencia mostrada por los insecticidas clorados en el control de las plagas del suelo, se reevaluó a Heptacloro 2.5 P (60, 50, 80, 100 kg/ha), Volaton 2.5 P (60, 50, 80, 100 kg/ha) y Diazinon 14 G (20, 12, 40, 50 kg/ha). Cada dosis respectiva se usó en aplicación total al momento del barbecho, en banda al momento de la siembra, en banda al momento de la escarda sobre la costilla del surco, e inyectado a la base de la planta; los resultados poco efectivos fueron atribuidos a la influencia de diversos factores como el método y época de aplicación y el ciclo biológico y comportamiento de los insectos, principalmente las diversas especies de *Phyllophaga*. Se recomendó que las aplicaciones se realicen al momento de la siembra con insecticidas de mayor poder residual (González 1983).

### Chiapas

Con el propósito de reducir el uso de productos químicos contra el complejo "gallina ciega" (*Phyllophaga menetriesi*, *P. ravidata* y *P. tenuipilis*), Sánchez y Gómez (2006) evaluaron Furadan 5G en dosis de 0.5 y 1 ml/l de agua en comparación con el hongo *Metarhizium anisopliae* ( $1 \times 10^{11}$  conidias/g). Sin embargo, la mayor efectividad para el control de estas plagas se observó con el insecticida.

### Puebla

Furadan 5G fue más eficiente en comparación con extractos vegetales de *Trichilia havanensis*

y *Azardirachta indica* para el control de *Phyllophaga ravidata*, *P. ilhuicamina* y *P. obsoleta* (Aragón *et al.* 2003).

### Tamaulipas

Los insecticidas Counter 10G, Furadan 10G, Furadan TS, Heptacloro 5.4G, Volaton 2.5G, Difonate 10G y Birlane 4G se utilizaron para el control de la gallina ciega y otras plagas del suelo durante la década de los 1980's (Rodríguez-del-Bosque 1980, 1988) (Fig. 2). Contra el gusano trozador *Agrotis ipsilon*, los insecticidas Decis, Lorsban y una formulación de Sevin como cebo envenenado aplicados a la base de las plántulas, produjeron una mortalidad de larvas hasta del 95% (Loera y Pedraza 1991).

## PERSPECTIVAS

La investigación dedicada a mejorar la eficiencia del control químico de las plagas rizófagas en México ha sido casi nula. En la mayoría de los casos el manejo y aplicación de los insecticidas no se ha sustentado en el conocimiento científico generado en cada localidad. Se considera que los métodos de muestreo y umbrales económicos que se utilizan en el manejo de las plagas rizófa-



**Figura 2.** Izquierda: parcela de maíz tratada con insecticida al suelo (Furadan 10G) al momento de la siembra contra la "gallina ciega" *Phyllophaga crinita*; derecha: parcela testigo sin tratar. Río Bravo, Tam., México 1980.

gas, aunque pragmáticos en muchos casos, pueden ser confiables porque conjuntan el criterio y experiencia del técnico y productor, además de la historia agrícola del área. La revisión de cepas de suelo posiblemente es el método más confiable para muestrear insectos del suelo, pero es también el más laborioso, costoso y no fácilmente practicado por el productor.

Se requiere una mayor investigación sobre el uso y manejo de los agroquímicos, así como sobre el comportamiento del insecto y daños que ocasiona. En todos los casos es indispensable identificar con precisión la especie nociva y con base en el conocimiento de su ciclo de vida, determinar los momentos más oportunos para aplicar los productos para reducir el uso del compuesto y lograr el mayor impacto en la población. En algunos cultivos como maíz y sorgo, los “gusanos trozadores” infestan solamente algunas áreas del terreno, y puede resultar más económico sembrar que aplicar insecticida. En otros cultivos como hortalizas, donde además de cantidad se requiere calidad, se llega a abusar en la aplicación de insecticidas para reducir los riesgos. La decisión para su aplicación debe estar basada en los fundamentos del manejo integrado de plagas y utilizarlos solamente cuando otras alternativas no resulten efectivas (Steffey y Gray 1990).

Es frecuente que las diversas formulaciones insecticidas se recomienden de manera general aunque las evaluaciones se hayan obtenido en diversas localidades. El conocimiento de la efectividad de un plaguicida, como resultado de la influencia de los diversos tipos y condiciones del suelo donde se aplica, y otros factores, debe ser determinante para hacer un manejo más eficiente y alargar su periodo de vida útil. Es prioritario abundar en la evaluación o reevaluación de los insecticidas organofosforados, carbamatos, piretroides y neonicotinoides que tienen efecto contra plagas del suelo, particularmente enfocadas a evaluar dosis menores a las establecidas en la etiqueta de cada producto, para buscar una mejor rentabilidad.

Es urgente diversificar las tácticas de manejo contra las plagas del suelo y fomentar también la participación conjunta de empresas fabricantes de insecticidas, técnicos, científicos y productores para hacer un óptimo uso de los insumos químicos en el campo con el propósito de retrasar el desarrollo de resistencia. En la práctica, la ausencia de restricciones para comprar y utilizar agroquímicos y la falta de personal acreditado en la asesoría agrícola propicia el uso irresponsable de estos insumos. Afortunadamente, los ingredientes activos plaguicidas han ido cambiando a través de los años y aunque actualmente son más eficaces, selectivos y de mayor persistencia con dosis menores (Hest 2003), es necesario buscar ingredientes activos de rápida efectividad pero de corta permanencia en el medio ambiente (SEMARNAP 1999b,c; Meneses 2001).

La tendencia actual de los fabricantes de insecticidas en relación con las plagas del suelo, es la de formular sus productos para ser aplicados como tratamientos a la semilla y que las compañías productoras o distribuidoras de semillas, comercialicen semilla tratada con insecticida (Steffey y Gray 2001, Rice 2005). Aplicar el insecticida a las semillas constituye una importante y eficiente estrategia de protección del cultivo en las etapas de germinación, emergencia o plántula y garantizan un establecimiento uniforme de plantas. Esta aplicación es de bajo impacto sobre los enemigos naturales y demás organismos no blanco en el suelo. Sin embargo, la semilla tratada con insecticida no es necesariamente una técnica que deba ser utilizada indiscriminadamente contra las plagas del suelo porque la distribución de estas, en la mayoría de los casos, ocurre solamente en áreas localizadas, aunque puede ser justificada cuando otras plagas que atacan a las plántulas sean un grave problema, tales como pulgones y trips. Sin embargo, el uso frecuente de tales productos tiene el potencial de provocar el desarrollo de resistencia por algunos insectos del suelo (Tollefson y Rice 2006, Gray 2007).

## Nota

Las opiniones que se vierten en el presente documento reflejan la posición personal de los autores y de ninguna forma constituyen recomendaciones prácticas. Por tanto, el usuario de la información asume la responsabilidad del uso que se haga de ésta. La mención de nombres comerciales de plaguicidas se hace sólo con el propósito de informar y no implican recomendación o apoyo alguno, ni de los autores ni de las instituciones responsables de este libro.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Mariscal, I. 2004. Tebupirimfos contra gallina ciega *Phyllophaga ravidata* y escarabajo rinoceronte *Strategus aloeus* en agave. *Entomología Mexicana* 3: 580-583.
- Aguilar-Mariscal, I. y J. F. Pérez-Domínguez. 2004. Etoprofos para el control del complejo de plagas rizófagas en maíz. *Entomología Mexicana* 3: 575-579.
- Alavéz, J. F. 1978. Aplicación de insecticidas al suelo contra *Colaspis* sp. en maíz en la costa de Jalisco. Memoria de la Primera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Enero, 1978. Guadalajara, Jal., México. pp. 39-44.
- Alavéz, J. F. y E. Félix Fregoso. 1988. Determinación de la eficacia insecticida de cuatro dosis del piretroide teflutrina (force) para el control de plagas rizófagas en maíz de temporal en comparación con cinco estándares regionales en San Martín Hidalgo, Jalisco. Ciclo PV 87/87. Memoria de la Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich., México. pp. 241-248.
- Anónimo. 1987. Proyecto estratégico para el fomento de la producción de maíz en el Estado de Nayarit. SARH-INIFAP, México. 22 p.
- Anónimo. 2001. Insecticides stop corn's soil pests. Delta Farm Press. [http://deltafarmpress.com/mag/farming\\_insecticides\\_stop\\_corns/](http://deltafarmpress.com/mag/farming_insecticides_stop_corns/)
- Aragón, A., M. A. Morón, A. M. Tapia, J. F. López y B. C. Pérez. 2003. Especies de gallina ciega en algunos cultivos del estado de Puebla y su control con extractos vegetales. En: A. Aragón, M. A. Morón y A. Marín (eds.), *Estudios sobre Coleópteros del Suelo en América*. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 283-297.
- Ball, H. J. 1968. A five year study of potential western corn rootworm resistance to diazinon and phorate in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 61: 496-498.
- Ball, H. J. and G. T. Weekman. 1962. Insecticide resistance in the adult western corn rootworm in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 55: 439-441.
- Bautista, J. M. 1978. Importancia económica de las plagas del suelo en el Estado de Jalisco. Memoria de la Primera Mesa Redonda de Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jal. pp. 53-60.
- Campbell, W. V., D. A. Mount and B. S. Heming. 1971. Influence of organic matter content of soils on insecticide control of the wireworm *Melanotus communis*. *J. Econ. Entomol.* 64: 41-44.
- Castañeda, A., D. Oropeza, J. F. Villalpando y J. A. Sifuentes. 1978. Control químico de *Diabrotica longicornis*, plaga del suelo en la región central de Jalisco. Memoria de la Primera Mesa Redonda de Plagas del Suelo. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jalisco. pp. 27-37.
- Cuevas-García, J., S. Mariscal, P. Ramirez, M. Plascencia-Beas, T. J. Ruiz y M. G. Isordia. 1988. Complejo plagas del suelo del maíz de temporal en Nayarit. Memoria de la Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo, M. A. Morón y C. De Loya (eds), Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich., México. pp. 7-26.
- Edwards, C. A., S. D. Beck and E. P. Lichtenstein. 1957. Bioassay of aldrin and lindane in soil. *J. Econ. Entomol.* 50: 622-626.
- Félix Fregoso, E. 1978. El control de las principales plagas del suelo en maíz en el estado de Jalisco. Memoria de la Primera Mesa Redonda de Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Guadalajara, Jal., México. pp. 45-52.
- Félix Fregoso, E. 1991. Determinación de la metodología de control químico de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) sobre cultivo de sorgo en la región Ciénega de Chapala ; Jalisco. Ciclo 1990. Memoria del XXVI Congreso Nacional de Entomología. S. Anaya, B. Domínguez Ruiz., R. Nieto y J. Sánchez-Escudero (eds). Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver., México. pp. 224-225.
- Felsot, A. S. 1989. Enhanced biodegradation of insecticides in soil: Implications for agroecosystems. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 453-476
- French, B. W., L. D. Chandler and W. E. Ridell. 2007. Effectiveness of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) areawide pest management in South Dakota. *J. Econ. Entomol.* 100: 1542-1554.
- Gannon, N. and J. H. Bigger. 1958. The conversion of aldrin and heptachlor to their epoxides in soil. *J. Econ. Entomol.* 51: 1-2.
- García, C. M. 1997. Evaluación de la contaminación de plaguicidas organoclorados en La Comarca Lagunera. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. México. 88 p.
- González, S. 1983. Importancia de la oportunidad en los tratamientos contra plagas del suelo. Memoria de la

- Segunda Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Chapingo, México. pp. 47-57.
- Gray, M. E. 2007. Is there a future for granular soil insecticides? Is a 20% target enough? Agronomy Day, University of Illinois. 1 p.
- Gray, M. E., E. Levine and H. Oloumi-Sadeghi. 1998. Adaptation to crop rotation: western and northern corn rootworms respond uniquely to a cultural practice. *Rec. Res. Dev. Entomol.* 2: 19-31.
- Hadaway, A. B., and F. Borlow. 1951. Sorption of soil insecticides by dried mud. *Nature* 167: 854-861.
- Harris, C. R. 1966. Influence of soil type on the activity of insecticides in soil. *J. Econ. Entomol.* 59: 1221-1225.
- Harris, C. R. 1970. Laboratory evaluation of candidate materials as potential soil insecticides. III. *J. Econ. Entomol.* 63: 782-787.
- Harris, C. R. 1972a. Factors influencing the effectiveness of soil insecticides. *Ann. Rev. Entomol.* 17: 177-198.
- Harris, C. R. 1972b. Cross-resistance shown by susceptible and aldrin-resistant strains of seed-corn, onion, and cabbage maggot to chlordane. *J. Econ. Entomol.* 65: 188-196.
- Harris, C. R. and H. J. Svec. 1968. Toxicological studies on cutworms, III. Laboratory investigations on the toxicity of insecticides to the black cutworm, with special reference to the influence of soil type, soil moisture, method of application, and formulation on insecticide activity. *J. Econ. Entomol.* 61: 965-969.
- Harris, C. R. and J. H. Mazurek. 1964. Comparison of the toxicity to insects of certain insecticides applied by contact and in the soil. *J. Econ. Entomol.* 57: 698-702.
- Harris, C. R. and J. H. Mazurek. 1966. Laboratory evaluation of candidate materials as potential soil insecticides. *J. Econ. Entomol.* 59: 1215-1221.
- Harris, C. R. and J. L. Hitchon. 1966. Toxicity studies on cyclodiene susceptible and cyclodiene resistant strains of cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Bouché). *J. Econ. Entomol.* 59: 650-654.
- Harris, C. R., G. F. Manson and J. H. Mazurek. 1962. Development of insecticidal resistance by soil insects in Canada. *J. Econ. Entomol.* 55: 777-780.
- Harris, C. R., H. J. Svec and J. H. Mazurek. 1963. Susceptibility of seed maggot flies *Hylemya* spp., collected in southwestern Ontario to contact application of aldrin, DDT, and diazinon. *J. Econ. Entomol.* 56: 563-565.
- Hays, S. B. and L. W. Morgan. 1965. Observations on the biology of the Southern corn rootworm and insecticidal test for its control on peanuts in Georgia. *J. Econ. Entomol.* 58: 637-642.
- Howitt, A. J. 1958. Chemical control of *Hylemya antiqua* (Meig.) in the Pacific Northwest. *J. Econ. Entomol.* 51: 883-887.
- Kamble, S. T. 2006. Fate of insecticides used for termite control in soil. *Nebguide G1260*. 6 p.
- Lagunes Tejeda, A. y J. C. Rodríguez. 1989. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas: Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas. 2° edición. Colegio de Postgraduados. 228 p.
- Large, W. H. and E. C. Carlson. 1956. Residual soil insecticides for the control of wireworms affecting vegetable crops. *Hilgardia* 26: 62-75.
- Levine, E. H. and H. Oloumi-Sadeghi. 1991. management of diabroticite rootworms in corn. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 229-255.
- Lichtenstein, E. P. and K. R. Schulz. 1960. Epoxidation of aldrin and heptachlor in soils as influences by autoclaving, moisture, and soil type. *J. Econ. Entomol.* 53: 192-197.
- Lilly, J. H. 1956. Soil insects and their control. *Annu. Rev. Entomol.* 1:203-222.
- Loera, G. J. y F. A. Pedraza. 1991. Daño y control del gusano trozador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) en algodónero. Memoria del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Veracruz Ver., México. p. 223.
- Magallanes Cedeño, R. 1988. Enfoque a la investigación sobre problemática por gusano de la raíz del maíz *Diabrotica virgifera zea* K. y S. (Coleoptera: Chrysomelidae) en Guanajuato. Memoria de la Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. M. A. Moron y C. De Loya (eds), Morelia, Mich., México. pp. 147-165.
- Mayo, Z. B. 1976. Emergency postplanting applications of insecticides to control larvae of the western and northern corn rootworm in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 69: 600-602.
- Mayo, Z. B. 1986. Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms. pp. 183-203. *In: Krysan, J. L. and T. A. Miller (eds.), Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York. 260 p.
- Meneses, M. H, R. 2001. Contaminación de suelos por el uso de plaguicidas. Tesis de Licenciatura. FES Cuautitlán, UNAM. México. 73 p.
- Metcalf, R. L. 1986. The ecology of insecticides and the chemical control of insects, pp. 251-297. *In: Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. M. Kogan (ed.), Wiley, New York.
- Miles, J. R. W., C. M. Tu and C. R. Harris. 1969. Metabolism of heptachlor and its degradation products by soil microorganisms. *J. Econ. Entomol.* 62: 1334-1338.
- Morón, M. A., S. Hernández R. y A. Ramírez C. 1998. Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) con importancia agrícola en Nayarit, México. En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. M. A. Morón y A. Aragón (eds.). Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 79-98.



- Mulla, M. S. 1964. Effectiveness and residual activity of new compounds in soil against the eye gnat *Hippelates collusor*. J. Econ. Entomol. 57: 873-878.
- Nájera, M. B. 1988. Control de plagas que afectan el sistema radicular del maíz en Jalisco. En: Morón, M. A. (ed.), Memoria de la Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich., México. 249-271.
- Norris, D. M. 1957. Failure of soil insecticides to control the southern potato wireworm *Conoderus falli* Lane. Bull. Entomol. Soc. Am. 3: 40.
- Pérez Domínguez, J. F. 1991. Epocas de aplicación y efectividad de insecticidas contra plagas de la raíz del sorgo en la Ciénega de Chapala. En: S. Anaya R., B. Domínguez, R. Nieto H., J. Sánchez E., H. Sánchez, J. Valdez., F. Cervantes., J. López C. (eds.), Memoria del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver., México. p. 226.
- Pérez Domínguez, J. F. 1994. Análisis del uso de insecticidas contra plagas de la raíz en maíz y sorgo en la región Ciénega de Chapala. Memoria del XXIX Congreso Nacional de Entomología. M. A. Moron (ed.), Sociedad Mexicana de Entomología. Monterrey, N. L., México. pp. 191-192.
- Pérez Domínguez, J. F. y H. Valdez M. 1987. Proyecto "Control integral de plagas de la raíz en Jalisco". Informe de actividades ciclo PV-1986. INIFAP-CIAB. Campo Experimental Altos de Jalisco. 16 p.
- Plapp, F. W. Jr. and G. W. Frankie. 1976. Residues of chlorinated insecticides in white grubs and soils treated for grub control in urban areas of Texas. Texas Agric. Exp. Sta. Prog. Rep. 334C. 6 p.
- Ponce, P. P., J. Corrales y V. Sánchez. 1994. Niveles de resistencia de *Cyclocephala comata* Bates (Coleoptera: Scarabaeidae) a insecticidas de distintos grupos toxicológicos de maíz de Arenal, Jalisco. Memoria del XXIX Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, N. L., México. 24-27 Abril. pp. 265-266.
- Ponce, P. P., J. S. Santana, J. L. M. Ramírez, C. M. D. Martínez y G. E. Cabral. 2006. Determination of the susceptibility of white grubs (*Phyllophaga* spp.) to different insecticides in populations of San Martín Hidalgo, Jalisco, Mexico. Resistant Pest Management Newsletter. Michigan State University. 6 p.
- Ramírez, P. J. 1985. Evaluación de insecticidas en diferentes épocas, para el combate de plagas del suelo en maíz de temporal. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. 139 p.
- Rice, M. 2005. Integrated crop management. Farm Industry News, IC-494. 3 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 1980. Las plagas del suelo en el norte de Tamaulipas. Memoria del 8º Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. IAPAC. Torreón, Coah. México. pp. 29-37.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 1988. *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae): Historia de una plaga del suelo (1855-1988). Tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Mich., México. pp. 53-79.
- Romero Parra, S. 1978. Ensayos contra plagas del suelo en maíz en Jalisco. Bayer de México, S. A. de C. V. México. 6 p.
- Sánchez Arellano, J. 1983. Control químico de las plagas subterráneas. Memoria de la II Mesa Redonda Sobre Plagas del Suelo. Chapingo, México. pp. H1-H24.
- Sánchez, G. A. y A. Gómez R. 2006. Control químico y biológico del complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en el maíz de Comitán Chiapas. En: Diversidad, Importancia y Manejo de Escarabajos Edafícolas, A. E. Castro Ramírez, M. A. Morón y A. Aragón (eds.) 2006. Publicación Especial del Colegio de la Frontera Sur, Fundación Produce Chiapas A. C., y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 201-208.
- SEMARNAP. 1999a. Lo que usted debe saber sobre la gestión de los plaguicidas en México. Serie Plaguicidas No. 4. México. 6 p.
- SEMARNAP. 1999b. ¿Por qué, para qué y cómo se evalúan los riesgos para la salud y el ambiente de los plaguicidas? Serie Plaguicidas No. 2. México. 12 p.
- SEMARNAP. 1999c. Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas. Serie Plaguicidas No. 1. México. 9 p.
- Spencer, J. 2001. Western corn rootworms in the 21st Century: New research on an old problem. Proceedings of the Illinois Crop Protection Technology Conference. pp. 316-333.
- Steffey K. and M. Gray. 2001. The bulletin pest management and crop development information for Illinois. 1p.
- Steffey, K. and M. Gray. 1990. Insects to control or not, the risks and benefit. Illinois Fertilizer Conference Proceedings. 4 p.
- Toba, H. H. and J. E. Turner. 1979. Chemical control of wireworm on potatoes. J. Econ. Entomol. 72: 636-641.
- Tollefson, J. and M. E. Rice. 2006. Bt rootworm corn failures: Understanding the issues. Integrated Crop Management IC-496(26). 8 p.
- Torres, J. C., A. Lagunes, J. Vera, D. Mota y J. L. Ayala. 1992. Combate químico, disposición espacial y susceptibilidad a insecticidas por *Diabrotica virgifera zeae* (Coleoptera: Crysomelidae) en Toluca, México. Agrociencia, Serie Protección Vegetal.
- Uriás López, M. 1991. Control químico de plagas rizófagas del cultivo de maíz. En: S. Anaya R., B. Domínguez, R. Nieto H., J. Sánchez E., H. Sánchez J. Valdez., F. Cervantes., J. López C. (eds.), Memoria del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver., México. pp. 227-228.

Valdez-Martínez, H. y J. F. Pérez-Domínguez. 1985. Control químico de plagas del suelo. Informe final de actividades. INIA. Campo Exp. Altos de Jalisco, México. 21 p.

Wright, R., M. Lance and K. Jarvi. 1999. Corn rootworm management. Nebraska Cooperative Extension EC99-1563. 11 p.