

USO DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE MELON Y EL
TRANSPORTE Y DEGRADACION DE METAMIDOFOS EN TRES TIPOS
DE SUELO DE LA ZONA SUR DE HONDURAS.

Por

Wilmer Roberto Sánchez Barahona

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EL ZAMORANO, HONDURAS
ABRIL, 1995

USO DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE MELON
Y EL TRANSPORTE Y DEGRADACION DE METAMIDOFOS EN TRES TIPOS
DE SUELO DE LA ZONA SUR DE HONDURAS.

Por:

WILMER ROBERTO SANCHEZ BARAHONA

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana, permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.

~~WILMER ROBERTO SANCHEZ BARAHONA~~

(Nombre del autor)

24/4/95

Fecha

DEDICATORIA

A Dios.

A mi Mama Margarita Barahona de Sánchez por su ayuda y comprensión.

A mi padre, José Albino Sánchez Dávila (Q.D.D.G.) por todo el amor, apoyo y comprensión que siempre me dio.

A mis hermanos Alvino, Edwin, Josiel, Josiela y Suri Sánchez Barahona.

A mis abuelos Lidia y José Presentación.

A toda mi familia por su apoyo moral.

A Honduras.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo de asesores de tesis, por su dirección y apoyo a lo largo del desarrollo de mi trabajo de tesis.

A la Escuela Agrícola Panamericana, por haber sido el pilar de mi educación y formación profesional.

A GTZ por otorgarme la beca de estudios a nivel de ingeniería.

Al proyecto Pesticidas FAO/IAEA por financiar mi tesis.

Al Sr. Miguel Salinas y Rosita de Salinas, al Sr. Enrique Gómez y Mercedes Barahona de Gómez por su ayuda en la investigación en el sur de Honduras.

A Los Sr. Ramón Salinas y Sr. David Contreras de la Exportadora CUVESUR y al Ing. Guillermo Maradiaga e Ing. Conrado de EXCOSUR por la ayuda técnica brindada.

Al personal Docente y administrativo del departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica por el apoyo y comprensión brindado durante mi estadía en este.

A mis compañeros de clase por el apoyo, comprensión y muestras de amistad brindadas.

A los ingenieros Hector Banegas, Bernardo Carranza, Fredy Cardona y Marco Celada.

A mis amigos.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	1
	1.1. Objetivos	5
	1.1.1. General	5
	1.1.2. Específicos	5
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	6
	2.1. Caracterización general de los insecticidas organofosforados	6
	2.2. Características de Metamidofos	8
	2.3. Toxicología de los organofosforados	9
	2.3.1. Toxicidad humana	9
	2.3.2. Toxicidad animal y microbial	11
	2.4. Comportamiento de plaguicidas en el ambiente	12
	2.4.1. Propiedades químicas del suelo	13
	2.4.2. Transporte de plaguicidas en el suelo	14
	2.4.3. Transporte en el agua	16
	2.4.4. Procesos de degradación de plaguicidas	17
3.	MATERIALES Y METODOS	19
	3.1. Levantamiento de las prácticas agrícolas usadas por los meloneros	19
	3.2. Experimento con metamidofos	19
	3.2.1. Toma de muestras de suelo	20
	3.2.2. Caracterización de propiedades físicas de los suelos	20
	3.2.3. Localización del área experimental	21
	3.2.4. Características del área experimental	21
	3.3. Trabajo Experimental	23
	3.3.1. Aplicación del insecticida	23
	3.3.2. Simulación de riego	24
	3.3.3. Modelo experimental	24
	3.3.4. Tratamientos	24
	3.4. Recolección de muestras de agua.	25
	3.5. Análisis de metamidofos en el agua	26
	3.6. Análisis de metamidofos en el suelo	26
	3.7. Método de cromatografía de gases.	27
	3.8. Evaluación de los Datos	28
	3.8.1. Análisis estadístico.	28
	3.8.2. Determinación de la recuperación de residuos.	29

4.	RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1.	Sistema de producción de melón y uso de plaguicidas	30
4.2.	Percolación de metamidofos en el agua del suelo	33
4.2.1.	Propiedades físicas del suelo	33
4.2.2.	Residuos de metamidofos en el suelo	34
4.2.3.	Residuos de metamidofos en el agua de percolación	35
4.2.4.	Análisis estadístico	38
4.2.5.	Recuperación de metamidofos en el agua del suelo.	40
4.2.6.	Estimación de residuos por hectárea.	44
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	46
5.1.	Conclusiones.	46
5.2.	Recomendaciones.	47
6.	RESUMEN	49
7.	BIBLIOGRAFIA	51
8.	ANEXOS	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura molecular del metamidofos (O,S-fosforoamidotioato).	9
Figura 2.	Diseño del lisímetro.	23
Figura 3.	Concentración de metamidofos en el agua de percolación, 7 y 14 días después de la primera aplicación.. . . .	35
Figura 4.	Concentración de metamidofos en el agua de percolación, 7 y 14 días después de la segunda aplicación...	37

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Lista de organofosforados comúnmente utilizados (EPA, 1989; Gudiel, 1987; De La Jara, 1985).	8
Cuadro 2.	Propiedades químicas y características generales del metamidofos según Worthing y Walker (1987) y Becker <i>et al</i> (1989); BCIE (1989); Royal Society of Chemistry (1989); Kimball <i>et al</i> (1989)..	10
Cuadro 3.	Toxicidad según grupos de plaguicidas por rangos de dosis oral, dermal e inhalación (Bohmont, 1983; GIFAP, 1990).	12
Cuadro 4.	Persistencia de insecticidas organofosforados y organoclorados según Miller (1992).	15
Cuadro 5.	Descripción de los lotes de tres tipos de suelo de las exportadoras de melón en el sur de Honduras.	26
Cuadro 6.	Resultados del levantamiento realizado en las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.	30
Cuadro 7.	Insecticidas, dosis y frecuencia de aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.	32
Cuadro 8.	Fungicidas, dosis y frecuencia de aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras...	33
Cuadro 9.	Fertilizantes y dosis de aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.. . . .	33
Cuadro 10.	Descripción de las características de los tres tipos de suelos del suelo de los lotes en las fincas meloneras.	34

Cuadro 11.	Análisis de varianza para el modelo general de las dos repeticiones del experimento sobre el efecto de tres tipos de suelo a través del tiempo en la concentración de metamidofos en el agua del suelo..	39
Cuadro 12.	Grado de significancia para las variables del modelo general.	40
Cuadro 13.	Volumen medio de agua colectado en litros en los lisímetros cada 7 días.	41
Cuadro 14.	Concentración obtenida y retenida, porcentaje de retención recuperación de Metamidofos en el agua de percolación de tres tipos de suelo.	42
Cuadro 15.	Concentración obtenida y retenida, porcentaje de retención recuperación acumulado de Metamidofos en el agua de percolación de tres tipos de suelo.	43
Cuadro 16.	Recuperación de Metamidofos en gramos por hectárea en el agua de tres tipos de suelo, en el tiempo y al final del mes.	45

1. INTRODUCCION

El cultivo intensivo de productos alimenticios para la exportación y la agroindustria, ha llevado a un aumento del rendimiento por área y al uso de grandes extensiones de tierra dedicadas a la agricultura. Para obtener éste incremento se requieren mejores métodos de control de plagas, que llevan al inevitable aumento de la aplicación de plaguicidas (Turk et al., 1989; Proyecto UC/AID, 1976; ICAITI; Academia Nacional de Ciencias de los E.E.U.U., 1971).

El control químico es el método más utilizado en Latino América para suprimir las plagas en la agricultura. Si éste no se usara, las pérdidas estimadas de los productos agrícolas serían en promedio de un 42% (Taylor y Trigueros, 1988).

Actualmente los beneficios medidos por la rentabilidad económica de los cultivos, considerando únicamente el costo de plaguicidas, aumentan en un 200%. Además de traer beneficios a la salud humana mediante la supresión de insectos vectores de algunas enfermedades (Hilge et al., 1987; Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, 1981).

En los países en desarrollo los agroquímicos se utilizan para obtener una máxima producción por área, esto promueve problemas como la contaminación del agua, del suelo, del aire y los alimentos. En investigaciones realizadas en años anteriores se ha encontrado que las concentraciones de

residuos de plaguicidas en zonas agrícolas tropicales y subtropicales de América Latina están por arriba de las tolerables o permisibles en el ambiente (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, 1981; Turk et al., 1989).

La contaminación de las aguas por plaguicidas puede ocurrir por la aplicación directa sobre la fuente de agua, tales como lavar equipo de aplicación en los ríos, por el viento y por la lluvia a través del mecanismo de escorrentía e infiltración de residuos en aguas superficiales y subterráneas. Dependiendo del método de aplicación usado se estima que entre el 30 y 90% de los plaguicidas caen directamente en el suelo (Hilge et al., 1987; Morgan, 1982; Rand y Petrocelli, 1985).

Una forma común de contaminación de aguas, es el movimiento o transporte de plaguicidas en el suelo. Esta depende de las propiedades físicas y químicas como la solubilidad, persistencia o longevidad del plaguicida. Además de las características del suelo tales como textura, materia orgánica y permeabilidad (Core Manual, 1992; Sánchez Camazano y Sánchez Martín, 1991).

En la actualidad se estudian los efectos del uso inadecuado de plaguicidas, que pueden traer consecuencias a corto y largo plazo. Estos efectos pueden causar problemas indirectos como la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, intoxicaciones a humanos y animales, fitotoxicidad y resistencia de plagas. Estos dos últimos

problemas contribuyen al aumento de costos de producción, etc. (Hilge *et al.*, 1987; De La Jara, 1985; Miller, 1992; Morgan, 1982; Rand y Petrocelli, 1985; Turk *et al.*, 1989; Andrews y Quezada, 1989).

El ambiente acuático se está destruyendo por la contaminación de las aguas por plaguicidas. Por esto se realizan clasificaciones de sustancias peligrosas, tales como la lista roja de prioridad inicial del Reino Unido, que incluye como ejemplo los insecticidas organofosforados (The UK, 1993).

El aumento de las áreas destinadas a cultivos de exportación, como melón, algodón, sandía y caña de azúcar en el departamento de Choluteca, zona sur de Honduras, aparentemente ha causado impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. La contaminación por plaguicidas de los ríos y los suelos afecta la flora microbial y fauna insectil benéfica, que son importantes en los procesos productivos y ecológicos.

La contaminación del agua superficial y del suelo con plaguicidas podría tener efectos negativos sobre la producción de peces y camarones, éste último representa el segundo cultivo no tradicional de la zona. Aunque recientes estudios muestran la presencia de plaguicidas en camarones, estos no han excedido los límites máximos de residuos aceptables.

El uso continuo sin control de plaguicidas en las meloneras puede provocar la acumulación de residuos en el

ambiente a través del tiempo y afectar la producción camaronera (Murray, 1990; Vergne et al., 1993).

Estudios anteriores realizados por Vergne et al. (1993), comprueban que en las principales cuencas del Golfo de Fonseca (Río Choluteca, Punta Ratón y San Lorenzo), se encuentran cantidades considerables de residuos nocivos para el ecosistema, pero no existe información específica sobre el uso y efecto de plaguicidas en el ambiente de ésta zona, ni se tiene conocimiento del daño que éstos ocasionan a los recursos naturales.

El análisis de residuos determina la concentración de plaguicidas presente en el agua, suelo y tejido vegetal. Existen diversos procedimientos para determinar residuos, tales como la cromatografía de gases, espectrofotometría o colorimetría (Proyecto UC/AID, 1976; Gould, 1971).

La contaminación por los residuos de plaguicidas en suelo y en agua puede aumentar si los productores de melón siguen utilizando el control químico en forma no racional. Para evaluar los efectos que puede causar la contaminación en la zona sur de Honduras se necesita un programa de monitoreo y experimentos sobre los plaguicidas que se utilizan.

El presente estudio tiene por objetivo realizar un levantamiento de los plaguicidas usados y la frecuencia de aplicación en las zonas meloneras de la región sur de Honduras y determinar el comportamiento de lixiviación de los residuos del insecticida metamidofos en tres tipos de suelo.

1.2. Objetivos

1.2.1 General

Investigar el uso de plaguicidas y determinar la residualidad del Metamidofos como sustancia modelo en el agua del suelo en los sistemas agrícolas intensivos de la región sur de Honduras.

1.2.2. Específicos

Realizar un inventario de los insecticidas y frecuencias de aplicación que utilizan los productores de melón en la zona sur de Honduras.

Evaluar a través de un análisis de laboratorio la concentración de residuos de Metamidofos que se filtran en el agua de percolación de tres tipos de suelos del departamento de Choluteca, Honduras.

Comparar en cada tipo de suelo el comportamiento de los residuos de Metamidofos a través del tiempo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Caracterización general de los insecticidas organofosforados

Los plaguicidas organofosforados reemplazaron a los organoclorados, como resultado de problemas de resistencia, efectos ambientales, por el aumento en los costos de producción y por el envenenamiento de humanos. Esto condujo al aumento en el uso del grupo de los organofosforados que tienen una toxicidad aguda alta y que requieren de mayor seguridad de aplicación para evitar envenenamientos en humanos (Proyecto UC/AID, 1976; Miller, 1992).

Los organofosforados son insecticidas derivados del ácido fosforico (H_3PO_4). Por las sustituciones que se realizan pueden obtenerse sub-grupos, tales como: Fosfatos que incluyen a fosfamidon y dicrotofos; tionofosfatos como paration; tiofosfatos como el metasystox; ditiofosfatos como malation; fosfonatos como triclorfon y amidofosfatos como el metamidofos (GIFAP, 1990; Ware, 1978).

Los organofosforados fueron descubiertos en Alemania, posteriormente fue Estados Unidos los que lanzaron al mercado estos compuestos (Barbera, 1967). Los primeros insecticidas fosfóricos utilizados fueron los "esteres del ácido fosforico", el tetraetil pirofosfato (TEPP), hexaetil tetrafosfato (HETP) y otros, a los que se añadió el paration, primer compuesto tiofosfato. En la actualidad existen organofosforados ampliamente usados en la agricultura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de insecticidas organofosforados comúnmente utilizados (EPA, 1989; Gudiel, 1987; De La Jara, 1985).

Nombre químico	Nombre comercial
Acephate	Orthene
Azinphos-methyl	Guthion
Chlorpyrifos	Lorsban
Diazinon	Diazinon
Dimethoate	Cygon
Disulfoton	Disyston
Ethion	Ethion
Ethoprop	Mocap
Fenophos	Dyfonate
Malathion	Cythion
Methamidophos	Monitor
Methyl paration	Methyl paration
Mevinphos	Phosdrin
Naled	Naled, Dibrom
Oxydemeton-mothyl	Metasystox-R
Paration	Paration
Phorate	Thimet, Phorate
Phosmet	Imidan
Phosphamidon	Phosphamidon
Trichlorfon	Dylox, Proxol

El modo de acción de éstos compuestos es inhibir la actividad de la enzima acetilcolinesterasa en el sistema nervioso. Esto ocasiona la perdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte de los insectos. En humanos los síntomas que se presentan son dificultad respiratoria, cianosis, convulsiones, coma y muerte (Cremlyn, 1985; Barbera, 1967; EPA, 1989; Proyecto UC/AID, 1976).

2.2. Características de Metamidofos

Según la Agencia de Protección Ambiental el metamidofos, esta clasificado como un insecticida de "Uso Restringido" y altamente peligroso para abejas (EPA, 1989; Bohmont, 1983; Insecticide Control Guide, 1992).

La estructura del metamidofos se observa en la figura 1.

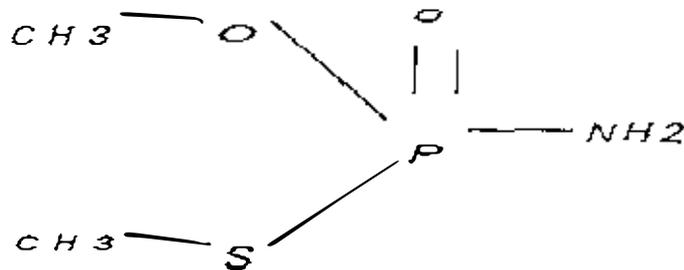


Figura 1. Estructura molecular del metamidofos (O,S-fosforoamidotioato).

Algunos nombres comerciales del metamidofos son: Monitor, Tamaron, Filitox, Ortho 9006, Patrole, SRA 5172, Tam, Tamanox, Ortho monitor 4 spray, Monitor 4, MTD 600 SCW, Formutor, MTD, Formutor 600, Monitor 600 y Tamaron 600 (Insecticide Product Guide, 1988; Royal Society of Chemistry, 1989; Becker et al., 1989; De La Jara, 1985; Gudiel, 1987).

La descripción de las propiedades químicas y características generales de Metamidofos según Worthing y Walker (1987); Becker et al. (1989); BCIE(1989); Royal Society of Chemistry(1989); Kimball et al. (1989) se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades químicas y características generales del metamidofos según Worthing y Walker (1987) y Becker *et al.* (1989); SCIE(1989); Royal Society of Chemistry(1989); Kimball *et al.* (1989).

Característica	Propiedad
Tipo de compuesto	sólido
Solubilidad en agua	1000000 ppm
Vida media en suelo	6 días
Estabilidad	a temperatura ambiente
Descomposición	140 horas a 40 °C y pH 2
Incompatibilidad	con plaguicidas alcalinos
C.A.D.H *	0.0006 mg/Kg.
Nombre químico:	O,S - dimetil fosforamidotioato
Compuesto:	Organofosforado
Categoría:	Altamente tóxico
Intervalo	
De reentrada:	24 horas
De aplicación:	7 días
Dosis:	1.2 - 2.5 lb. I.A./Ha.
Cultivos:	Melón cantalupe, melón honey dew, algodón, arroz, café, caña de azúcar, pepino, ayote, frijol, papa.
Modo de acción:	Contacto y estomacal
Plagas:	Afidos, acaros, mosca blanca, ampoasca, chinches, cortadores, minadores.
Compatibilidad:	Excepto con los de reacción alcalina.
Pitotoxicidad:	En algunos manzanos
Precauciones:	Evitar contacto con los ojos y piel.
Primeros auxilios:	En ingestión provoquese el vomito.
Indicaciones médicas:	Atropina y PAM, suspensiones de carbón medicinal y purgantes salinos ayudan a eliminar el tóxico.
Protección ambiental:	Destruir y enterrar envases vacíos.
Almacén y manejo:	No lo guarde junto con alimentos y granos.
Autorizado en países:	Honduras, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica.
Uso restringido:	Belize(1988), Panamá, Estados Unidos(1981).

* C.A.D.H. = Consumo aceptable diario en humanos.

2.3. Toxicología de los organofosforados

2.3.1. Toxicidad humana

La toxicidad de los plaguicidas para el hombre es el criterio fundamental que determina la clasificación de uso restringido como: residuos en cosechas, en el medio ambiente.

y accidentes o errores de uso (GIFAP, 1990; Bohmont, 1983; EPA, 1989; Cremlyn, 1985; Proyecto UC/AID, 1976). Las pruebas de toxicidad según GIFAP(1990); De La Jara(1985); Hilge et al (1987) pueden ser aguda, a corto plazo, crónicas o a largo plazo y estudios especiales de mutagenesis y teratogénesis.

La toxicidad es la capacidad individual de una sustancia de producir daño o muerte y se expresa como la dosis para matar 50% de la población, indicando mg de ingrediente activo por kg de peso.

Los criterios utilizados para establecer los grados de toxicidad son por consumo directo por el hombre, indicación o sospecha de peligro para la salud humana, tipo y gravedad de efectos, potencial de persistencia, cantidad de la población expuesta, potencial de producción y consumo, etc. (GIFAP, 1990; Metcalf, 1976; EPA, 1989).

Los organofosforados se absorben por las vías oral, dérmica, conjuntival, rectal e inhalatoria. Plaguicidas con dosis letales menor de 50 mg de ingrediente activo /kg de peso, son los catalogados como tóxicos grado I o extremadamente tóxicos, con capacidad de producir la muerte de una persona adulta (GIFAP, 1990).

Los más serios envenenamientos humanos y animales por plaguicidas están involucrados con insecticidas organofosforados (EPA, 1989; Ware, 1978).

La dosis letal media de metamidofos es diferente según la referencia bibliográfica que se consulta por ejemplo para

Insecticide Product Guide (1988) la dosis letal media oral es 13 mg/kg y dermal es 110 mg/kg (). Y según Becker *et al* (1989) la dosis letal media oral es 17 mg/kg; dermal es 516 mg/kg y la concentración letal media de inhalación es 0.184 mg/L de aire.

La clasificación de plaguicidas según la toxicidad se puede observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Toxicidad según grupos de plaguicidas por rangos de dosis oral, dermal e inhalación (Bohmont, 1983; GIFAP, 1990).

Categoría EPA toxicidad	DL50 Oral	DL50 Dermal	DL50 Inhalación
I. Extremadamente	0-50	0-200	0-2000
II. Altamente	50-500	200-2000	2000-20000
III. Moderadamente	500-5000	2000-20000	más 20000
IV. Ligerosamente	más 5000	más 20000	-----

2.3.2. Toxicidad animal y microbial

Las dosis letales varían con las diferentes especies, pero también influyen factores como la edad, el sexo, los niveles de colinesterasa en el momento de la intoxicación y el estado de salud (GIFAP, 1990).

Según Hilge *et al*. (1987) la mortalidad animal a corto plazo se debe a la intoxicación severa después que un campo es recién asperjado, o por muerte de abejas, mortalidad de peces y camarones en el río después del lavado de equipos de aplicación.

La presencia de pequeñas cantidades de plaguicidas en el

ambiente origina problemas a largo plazo de mayor importancia para la vida silvestre. Por ejemplo, actualmente no se conoce bien el efecto que una concentración creciente de veneno en el suelo produce a los microorganismos (Hilge et al., 1987; Turk et al., 1981; EPA, 1989).

Los insecticidas organofosforados son tóxicos a aves y mamíferos. Los peces son más susceptibles a piretroides sintéticos (EPA, 1989). La concentración letal media de metamidofos capaz de matar 50% de la población para peces es de 46 mg/L (Worthing, 1979) .

2.4. Comportamiento de plaguicidas en el ambiente

Algunas combinaciones entre suelo y plaguicidas resultan en una fuerte atadura del plaguicida a las partículas del suelo, éste es movido sólo si el suelo es movido. Dependiendo del tipo de plaguicida, estos pueden estar relativamente persistentes y móviles en el agua del suelo porque el tiempo de viaje para el agua de percolación a cierta profundidad hacia los acuíferos puede ser de meses o años (Wauchope et al., 1994).

2.4.1. Propiedades químicas del suelo

La absorción está relacionada con las cargas eléctricas de la materia orgánica y la textura del suelo. Las cargas eléctricas son importantes y podrían absorber el plaguicida a

las partículas de suelo. La adsorción es un fenómeno importante porque mucho del plaguicida es adsorbido por superficies de planta y suelo, ésto puede modificar la actividad del químico (EPA, 1989; Proyecto UC/AID, 1976).

La adsorción de plaguicidas es afectada por las características del suelo, una buena estructura de suelo y alto contenido de materia orgánica, el cual se exponen a lentas tasas de adsorción comparado con un suelo disperso con bajo contenido de materia orgánica que tiene altas tasas de adsorción (Kookana *et al.*, 1992).

En el estudio realizado por Sánchez Camazano y Sánchez Martín (1991) sobre la adsorción de organofosforados, determinaron, la adsorción de metil paration, etil paration, metil paraoxon y etil paraoxon para ocho tipos de suelo con amplio rango de contenido de arcilla y materia orgánica. Correlaciones simples indicaron que la adsorción de plaguicidas fosforados por el suelo está relacionada al contenido de arcilla, mientras el contenido de materia orgánica determina la adsorción de tiofosfatos (Sánchez Camazano y Sánchez Martín, 1991).

La percolación de agua puede ser un problema, si el plaguicida aplicado llega al suelo, éste puede permanecer como residuo y si el plaguicida es altamente móvil puede ser percolado por el agua del suelo hasta el agua subterránea y por último llegar a los arroyos (EPA, 1989; Bohmont, 1983).

2.4.2. Transporte de plaguicidas en el suelo

El suelo es el área más expuesta a plaguicidas ya que el 50% de insecticidas caen sobre éste. También es expuesta cuando el plaguicida es lavado por la lluvia, dispersión desde otras áreas asperjadas, desechos vegetales y por la persistencia del plaguicida en el suelo. Además el suelo está sujeto a erosión y escorrentía que pueden arrastrar residuos de plaguicidas en el agua y contaminar ríos, lagos y aguas costeras (Hilge *et al.*, 1987; Turk *et al.*, 1981).

Los insecticidas organofosforados son menos persistentes en el suelo que los organoclorados como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Persistencia de insecticidas organofosforados y organoclorados según Miller(1992).

Tipo de plaguicida	Persistencia	Ejemplos
Organofosforados	Bajo a moderado (1-12 semanas)*	Metamidofos, Malation, Paration, Monocrotofos.
Organoclorados	Alta (2-15 años)	DDT, Aldrin, Dieldrin, Heptaohlor, Mirex.

* Algunos pueden persistir por varios años.

Las características del suelo son importantes en el movimiento de plaguicidas, algunos suelos con texturas finas generalmente permiten un lento movimiento en el agua, si éstos contienen más limo y materia orgánica los plaguicidas podrían

ser adsorbidos. La textura indica la cantidad de arena, limo y arcilla en el suelo.

La cantidad de materia orgánica influye como el agua puede mantenerse en el suelo antes que el movimiento de ésta ocurra. El aumento de materia orgánica incrementa la capacidad de almacenar agua del suelo, por esta razón algunos plaguicidas podrían ser adsorbidos por materia orgánica.

La geología del suelo influye en el movimiento de plaguicidas, por la distancia del agua del suelo con la superficie. Si el agua se encuentra a poca distancia de la superficie puede ser fácilmente contaminada. La permeabilidad de las capas geológicas entre el suelo y agua del suelo, y los agujeros naturales en el suelo, en donde por lluvia o por irrigación el plaguicida se disipa directamente en el agua del suelo (Miller, 1992; EPA, 1989; Weber, 1979; Kramer, 1974)

En experimentos realizados para determinar la retención de Terbutylazine, Methabenzthiazuron, Bitertanol y Parathion ethyl, se encontró que todos los plaguicidas muestran una retención inferior en el subsuelo (50-80 cm de profundidad). En el suelo superficial, terbutylazine fue encontrado ser más movable, seguido por methabenzthiazuron, mientras parathion-ethyl y especialmente bitertanol fueron menos lixiviados por el suelo. Sin embargo, la descomposición de éstos componentes debe ser considerada, en todos los casos desethyl - terbutylazine, un metabolito de therbutylazine, fue detectado en la lixiviación del suelo (Pekrun et al., 1992).

2.4.3. Transporte en el agua

El agua del suelo es mantenida en acuíferos y zonas saturadas en el suelo, dependiendo del contenido de arena, grava o roca fracturada. Los factores que influyen en el movimiento de los plaguicidas en el agua del suelo son:

- Condiciones del sitio como textura, permeabilidad, materia orgánica, pH del suelo y profundidad del agua en el suelo.
- Las características del plaguicida que incluyen solubilidad al agua, persistencia en el ambiente y carga eléctrica.
- El método de aplicación y las condiciones ambientales en el momento de la aplicación (Miller, 1992; Cubillos, 1988; EPA, 1989; Weber, 1979; Kramer, 1974).

Las características del plaguicida que influyen en el movimiento son vida media en el suelo, velocidad en que se desdobra, volatilización y solubilidad.

La solubilidad en agua nos indica la capacidad del químico de ser absorbido por el suelo y otro material sólido, reduciendo su efectividad o prolongando su persistencia y su movimiento en agua. Los insecticidas organofosforados contaminan con más facilidad porque son solubles en agua. La solubilidad es diferente según el tipo de plaguicida, entre mayor sea la solubilidad mayor es el movimiento en el agua. El movimiento en el suelo está ligado al compuesto y la alta adsorción a las partículas del suelo. (Miller, 1992; EPA, 1989; Weber, 1979; Kramer, 1974).

La FAO(1981) y Miller(1992) indica que los

organofosforados tienen una limitada solubilidad en agua, pero es mayor que la de los organoclorados, que permiten el traslado a grandes distancias bajo la superficie del suelo.

Una de las importantes consideraciones en el comportamiento de un químico en el ambiente y su efectividad como plaguicida es la velocidad a la cual se desdobla (GIFAP, 1990).

La velocidad de volatilización aumenta, así como se incrementa la temperatura y velocidad de pérdida (EPA, 1989).

2.4.4. Procesos de degradación de plaguicidas

Los factores principales de degradación de plaguicidas se presentan durante la aplicación, por degradación química, biológica y fotoquímica, volatilización, erosión, lavado con agua, adsorción y percolación. También intervienen factores climáticos como temperatura, luminosidad, lluvia, viento y humedad relativa (GIFAP, 1990; Congreso Internacional MIP, 1992; Cremlyn, 1985; FAO, 1981).

En la degradación microbial de plaguicidas se distinguen dos procesos importantes, mineralización en el cual el plaguicida es completamente degradado a dióxido de carbono. Y el segundo proceso es el de cometamolización en el cual el químico es transformado a otros componentes químicos.

En base de resultados de experimentos laboratorio estandarizados con lisímetros efectuados para clarificar el rol de procesos individuales tal como adsorción, degradación

o mineralización y translocación de plaguicidas en el suelo. Se llegó a la conclusión, que el suelo generalmente constituye el principal recolector de todos los plaguicidas aplicados. Como una regla, los plaguicidas y sus metabolitos pierden su bioactividad, y en muchos casos también identidad debido a los procesos de degradación, adsorción, fijación y ligación del plaguicida (IUPAC Congress, 1991).

La degradación en suelos básicos se produce en forma rápida en fosforothioatos, fosforoamidas y fosfatos. En un estudio realizado en Venezuela sobre la actividad de metamidofos en el suelo se determinó que después de la rotura en suelos la absorción es rápida, esta adsorción es poco probable, porque el suelo podría tener mucha absorción del insecticida bajo condiciones de producción. La degradación en suelos con pH alcalino es rápida, ésta es más lenta en suelos ácidos. La degradación final de metamidofos es fosfato por el mecanismo de mineralización y fueron identificados cuatro metabolitos en el suelo (Lubkowitz *et al.*, 1975).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Levantamiento de las prácticas agrícolas usadas por los meloneros.

Se realizaron dos viajes a las áreas meloneras del departamento de Choluteca, Honduras, donde se obtuvo información sobre las prácticas agrícolas que son utilizadas por los productores de melón. Esto se llevo a cabo a través de entrevistas personales y visitas directas al campo con los jefes de producción encargados en cada finca.

Se realizaron entrevistas con productores de melón sobre el manejo de plaguicidas y clasificación del suelo. Se determino la clasificación de los agroquímicos utilizados según el manejo en las zonas meloneras del sur de Honduras por tipo de plaguicida, ingrediente activo, época de aplicación, dosis de aplicación, frecuencia y formas de aplicación. Con los insecticidas se realizó una descripción del tipo de compuesto, toxicidad, la actividad y peligros de estos a abejas y peces según King y Saunders (1984).

3.2. Experimentos con metamidofos

Se utilizo el metamidofos como plaguicida modelo para determinar la residualidad del insecticida en el agua del suelo.

3.2.1. Toma de muestras de suelo

El área donde se recolectaron las muestras de suelo se seleccionó al azar en lotes de tres hectáreas, en las fincas de las exportadoras Exportadora Costa Sur (EXCOSUR) y CUVESUR en Monjaras y Los Colorados, Departamento de Choluteca, Honduras.

Se recolectaron cinco muestras en tres lotes con diferentes tipos de suelo en dos exportadoras de melón, dos lotes utilizados por la finca en Monjaras por EXCOSUR (lotes numero 15 y 22). Y el lote numero 12 de la finca Los Colorados en CUVESUR.

Para recolectar las muestras, usando un tubo de PVC de 20 cm de diámetro que se enterró manualmente en el suelo a una profundidad de 33 cm, luego se extrajo el tubo y se sello inmediatamente el lisímetro.

La recolección del suelo se hizo sin remover la tierra. La fecha de recolección fue el 29 de Octubre, 1994.

Los suelos se transportaron a la Escuela Agrícola Panamericana, en el Zamorano, Departamento de Francisco Morazán.

3.2.2. Caracterización de propiedades físicas de los suelos

El análisis de muestras de suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos del Departamento de Agronomía de la EAP.

Se realizó un muestreo del suelo en el que se recolectaron 25 submuestras por cada muestra para analizar en el laboratorio y se mezcló el suelo para tener una mejor uniformidad. El laboratorio determinó textura, pH y materia orgánica.

El análisis de textura se hace por el método del hidrómetro. La materia orgánica se calcula por el método Walkley & Black (1938) y el pH se determina con un potenciómetro.

3.2.3. Localización del área experimental

El ensayo se realizó en área del Departamento de Recursos naturales y Conservación Biológica, localizada en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el valle del Zamorano a 37 Km al este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 14° latitud norte y 87° con 2 minutos longitud oeste. El sitio experimental se encuentra a una altitud aproximada de 800 msnm, con una temperatura media anual que oscila entre los 19 y 29 $^{\circ}$ C.

3.2.4. Características del área experimental

El área experimental en el lisímetro era de 0.032 m^2 , con una profundidad de 0.33 m, con una distancia entre maceteras de 0.5 m. Cada fila de maceteras estuvo separada por un espacio de 0.5 m; cada bloque o repetición estuvo separado por

un espacio de 0.5 m. Al principio y al final del ensayo existió un espacio de 1 m, con 0.5 m de borde en cada extremo.

El lisímetro como parcela útil consistió en una macetera de plástico (PVC), colocado sobre un sostenedor metálico que lo eleva a una altura sobre el piso de 0.3 m, y con un recolector plástico de agua en la base del sostenedor. Cada macetera tenía 8 agujeros de 3 mm de diámetro en la base.

La construcción de los recipientes de suelo se realizó con tubos de PVC de 0.2032 m de diámetro y 0.3556 m de largo, que utilizaban de base una tapa para tubo de 0.2032 m (Figura 2).

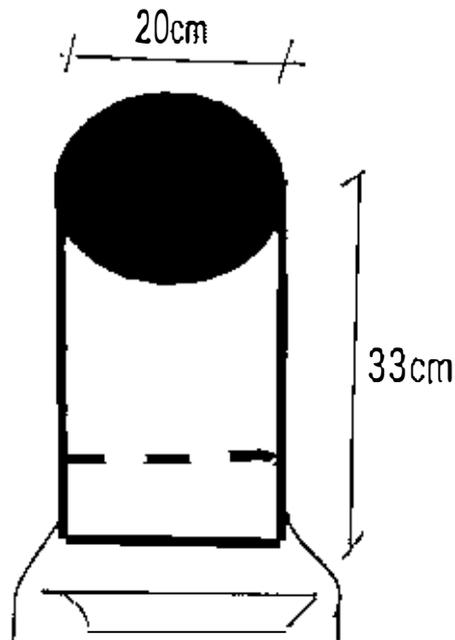


Figura 2. Diseño del lisímetro

3.3. Trabajo Experimental

3.3.1. Aplicación del insecticida

Se utilizó metamidofos en forma comercial como monitor al 40% de ingrediente activo. Se realizaron dos aplicaciones con intervalo de 15 días, la dosis del insecticida fue igual a la utilizada por las exportadoras de melón. El calculo para los lisímetros se determinó de la siguiente manera:

Se utilizo una dosis de 150 cc/mz o 215 cc/ha de monitor.

Area de la parcela experimental 0.0324292 m² y profundidad de 0.3302 m. Se calculó la concentración por hectárea de 144 partes por millón y se extrapoló a la concentración por cada lisímetro igual a 0.288 partes por millón.

El volumen de aplicación se determinó sobre 600 L/ha, que representa 1.95 cc por cada parcela experimental. La dilución con agua se realizo utilizando 0.36 cc por litro de agua. El volumen de aplicación utilizado fue de acuerdo al usado en las meloneras.

La aplicación se realizo con un pulverizador manual para obtener una distribución de la mezcla del insecticida más uniforme en la superficie del suelo. Se media 1.95 cc de la mezcla de aplicación y se colocaba en un frasco de vidrio, luego con el pulverizador se aplicaba directamente sobre el suelo.

La primera aplicación se realizó el 1 de noviembre, 1994. La segunda aplicación el 15 de Noviembre, 1994. Las aplicaciones se realizaron en horas de la noche (8 p.m.), porque este es el mejor tiempo de aplicación y así se realiza en las labores de producción en las meloneras.

3.3.2. Simulación de riego

El cultivo de melón lo siembran por humedad natural del suelo en el primer ciclo del cultivo. En el segundo ciclo el riego según las prácticas agrícolas utilizadas por las exportadoras de melón se realiza al presentar deficiencia de agua.

En el ensayo se realizó el riego, tratando de mantener la humedad en el suelo con una cantidad de 1500 cc de agua por lisímetro cada siete días que equivale a $465 \text{ m}^3/\text{ha}$, con una frecuencia de riego de dos días. El agua se medía en frascos de 500cc y se aplicaba manualmente en la superficie del suelo.

3.3.3. Modelo experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados (BCA), con un arreglo factorial de $3 \times 4 \times 5$ (3 tratamientos, 4 lecturas en el tiempo y 5 repeticiones).

3.3.4. Tratamientos

Se evaluaron tres tipos de suelo y cuatro lecturas a través del tiempo (Cuadro 6). El ensayo se dividió en dos partes: Primera aplicación es la replica 1 de 8 y 15 días; segunda aplicación es la replica 22 y 28 días después del comienzo del experimento.

Cuadro 5. Descripción de los lotes de tres tipos de suelo de las exportadoras de melón en el sur de Honduras.

Tratamientos	Numero de lote	Exportadora
Suelo A	15	EXCOSUR
Suelo B	22	EXCOSUR
Suelo C	12	CUVESUR

3.4. Recolección de muestras de agua

La recolección del agua se realizó a las 9:00 a.m., en las fechas 8, 15, 22 y 29 de Noviembre de 1994. El agua de percolación que se filtro en los lisímetros se depositó dentro de un recipiente plástico que se encontró bajo los maceteros. Luego se colectó el agua en frascos de vidrio ámbar cada tres días para evitar la pérdida de metamidofos por volatilización o degradación. El agua se almacenó a temperatura constante de 4 °C en un frasco sellado y sin exponerlo al sol para evitar pérdidas de metamidofos.

El transporte del agua para analizar en el laboratorio se realizo teniendo en cuenta las condiciones de almacenamiento anteriores.

3.5. Análisis de metamidofos en el agua

El análisis de las muestras de agua para determinar la concentración de residuos de Metamidofos en el agua en cuatro diferentes fechas, se realizo en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), localizado en Tegucigalpa, Honduras.

Considerando los tres tipos de suelo, cuatro lecturas cada siete días y cinco repeticiones por tratamiento, la cantidad de muestras era de sesenta, pero al final del ensayo en el tercer tratamiento (suelo tipo franco y un porcentaje de arena, limo y arcilla de 48-30-22), no se obtuvieron muestras en las replicas 3 y 4 a los 7 y 14 días después de la segunda aplicación, ya que no se percolaba agua a través de los lisímetros.

3.6. Análisis de metamidofos en el suelo

El análisis de metamidofos en las muestras del suelo se realizó en CESCCO el 28 de noviembre de 1994. Se tomaron 3 muestras al azar de los lisímetros de cada uno de los tipos de suelo, luego se transportaron al laboratorio en bolsas de papel y a temperatura ambiente.

3.7. Método de cromatografía de gases

La determinación de residuos de matamifos se llevo a cabo a través del método 507 - Agencia de Protección Ambiental (EPA): Cromatografía de gases empleando detector de flama fotométrica (FPD) - fósforo. Columna capilar DB - 5 (Graves, 1989).

Un volumen calculado de muestra aproximadamente de 1 litro es extraído con Methylene chloride por agitación en un embudo separador o volteando mecánicamente en una botella. El extracto Methylene chloride es aislado, lavado y concentrado a un volumen de 5 ml durante un cambio del solvente a metil terbutil eter (MTBE). Condiciones cromatográficas son descritas las cuales permiten la separación y medida de los análisis en la extracción por la columna de capilaridad GC con un detector de nitrógeno-fósforo (NPD).

Las condiciones del aparato para análisis de residuos de organofosforados, cromatógrafo de gases (marca Varian modelo 3300), según CESCO eran las siguientes:

Temperatura del detector 300 °C

Temperatura del inyector 220 °C

Detector FPD (detector de flama fotométrica)

Columna capilar de 30 m DB - 5

Programación de temperatura columnar 50 °C inicial, 240 final y 8 °C por minuto.

3.8. Evaluación de los Datos

3.8.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos (Programa SAS), por medio de un análisis de varianza del modelo y de los factores utilizadas en el análisis.

3.8.2. Determinación de la recuperación de residuos

Se calculó la cantidad aplicada en cada parcela experimental y se comparo con la obtenida en el análisis de laboratorio del agua del suelo.

Se realizo una estimación por tipo de suelo, por lectura y acumulado por mes de recuperación y degradación de Metamidofos en el agua de percolación. A la vez se realizo una extrapolación de los residuos en el agua del insecticida por hectárea. Los datos se calcularon mediante el programa LOTUS 123.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Sistema de producción de melón y uso de plaguicidas

Las fechas de siembra de melón es los meses de octubre hasta enero, terminando las actividades de cosecha en el mes de abril. El inventario de las practicas agrícolas se observan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados del levantamiento realizado en las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.

Tipos de suelo	Franco arenoso, franco arcilloso limo arcilloso
Fecha de siembra	Desde octubre hasta enero
Tipo de melón Variedades	Cantaloupe Misión, Cristóbal y HY-mark
Días para la cosecha	55 - 60
Riego	
Octubre-noviembre	Por sistema de humedad natural
Intervalo verano	7 días
Intervalo Invierno	15 días

Las practicas principales de cultivo son la preparación de la tierra, la siembra, el riego, la fumigación y la cosecha.

En EXCOSUR el riego se realiza utilizando la humedad natural del suelo en los meses de octubre y noviembre, realizando dos o tres riegos por gravedad. En CUVESUR la irrigación se realiza cada 7 días en época de verano y en invierno cada 15 días, dependiendo de la etapa del cultivo.

Las aplicaciones de insecticidas eran realizadas como medidas preventivas con el propósito de obtener una mejor cosecha. La aplicación de plaguicidas se realiza según calendario preestablecido, tomando como criterio que existe plaga en el campo.

En la zona de Los Colorados durante los meses que no se siembra melón no se utiliza la tierra, pero en otras zonas como Monjaras se cultiva maíz o sorgo, todo depende de las practicas de cada exportadora. Ya que CUVESUR no siembra y EXCOSUR si lo hace.

En las empresas meloneras se utilizan insecticidas del grupo de organofosforados, biológicos, piretroides, organoclorados y carbamatos. Estos se pueden dividir por nombre químico, nombre comercial, dosis y frecuencia de aplicación como se observa en el cuadro 7.

El grupo de insecticidas que se utilizan en mayor cantidad y dosis por las meloneras son los insecticidas biológicos, seguidos por el grupo de los carbamatos. La dosis de metamidofos usada por las meloneras (150 cc/mz), es baja comparada con la dosis recomendada (1.400 cc/mz). Las características de los insecticidas como el tipo de compuesto, toxicidad mamífera, actividad y formulación de los insecticidas utilizados por las exportadoras en el Sur de Honduras se muestran en el anexo 1.

Cuadro 7. Insecticidas, dosis y frecuencia aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.

Nombre químico	Nombre comercial	Dosis / mz	Frecuencia(+)
Endosulfan	Thiodan	500	3
Thiocyclan	Evisect	0.5 lb	2
Bacillus thuringiensis	Dipel	1000 cc	6
Metamidofos	Monitor	150 cc	2
Perfektion	Dimetoato	100 cc	2
Bifenthrin	Talstar	300 cc	2
Efenvercalate	Asana XL	100 cc	3
Metomil	Lannate	0.4 lb	^
Oxamil	vydate	1000 cc	5
Avermectin	Vertimec	500 cc	..*
Carbofuran	Furadan	9 lb	1

* En caso de emergencia cuando el insecticida biológico no actúa.

** Solo cuando existe daño por minador.

(+) Número de aplicaciones por ciclo de cultivo.

Los fungicidas son usados para realizar medidas preventivas y curativas de enfermedades. Las características de nombre químico, nombre comercial, frecuencia de aplicación y dosis de los fungicidas utilizados en las exportadoras EXCOSUR y CUVESUR se observan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Fungicidas dosis y frecuencia de aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.

Nombre químico	Nombre comercial	Dosis / mz	Frecuencia(+)
Benomyl	Benlate	500cc	3
Chlorothalonil	Bravo	250cc	3
Mancozeb	Manzate	500cc	3
Metaiaxyl	Ridcmil	600gr	

La fertilización se realiza siguiendo practicas convencionales de cultivo, aplicando la mayor cantidad a la siembra y el resto según los requerimientos del cultivo. En el cuadro 9 se muestra el nombre comercial y dosis de los fertilizantes utilizados en las exportadoras EXCOSUR y CUVESUR.

Cuadro 9. Fertilizantes dosis de aplicación utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras.

Nombre comercial	Dosis / m ²
N-P-K (18 - 46 - 0)	700lb
Nitrato de potasio	400lb
Sulfato de amonio	*
Urea	*

* Solo si hace falta.

4.2. Percolación de metamidofos en el agua del suelo

4.2.1 Propiedades físicas del suelo

En el cuadro 10 se describe en forma resumida las características del suelo en los lotes utilizados de dos meloneras en el sur de Honduras.

Cuadro 10. Descripción de las características de los tres tipos de suelos.

	Suelo A	Suelo B	Suelo C
Textura	Franco	Arcillo limoso	Franco
% arena	34	16	48
% limo	44	40	30
% arcilla	22	44	22
pH	5.92	6.14	6.05
% M.O. *	1.26	2.39	1.06

* M.O. = materia orgánica

El suelo A de la melonera Exportadora Costa Sur S.A. de C.V. (EXCOSUR) muestra una textura de tipo franco, con un contenido de limo de 44%, en el suelo B se observa un contenido alto de arcilla (44%), y el suelo C se diferencia por su alto contenido de arena (48%).

El contenido de materia orgánica en los suelos A y C es bajo, mientras en el suelo B tiene un contenido medio de materia orgánica (2.39%).

El suelo A y C son similares ya que ambos son de tipo franco, con contenido de materia orgánica bajo y un contenido de arcilla de 22%.

4.2.2 Residuos de metamidofos en el suelo

Después que se terminó el experimento, se recolectaron muestras de los tres suelos de los lisímetros y se determinó a través del análisis de laboratorio del centro de Estudios y

Control de Contaminantes que no se detecto residuos de metamidofos en el suelo.

La persistencia de metamidofos en el suelo es baja, lo cual se comprueba a través del análisis de residuos en el que no se detecto metamidofos en el suelo.

4.2.3. Residuos de metamidofos en el agua de percolación

En las figuras 3 y 4 se observa la variación en las medias de la concentración de metamidofos en el agua de percolación en los tres tipos de suelo, a los siete días después de la primera y segunda aplicación del insecticida.

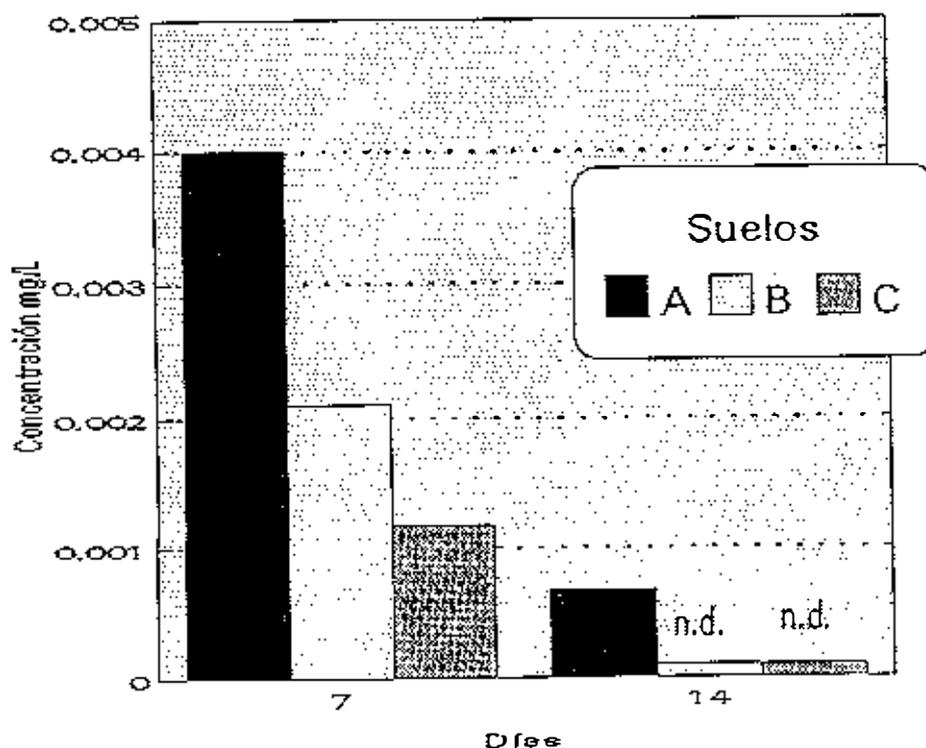


Figura 3. Concentración de metamidofos en el agua de percolación, 7 y 14 días después de la primera aplicación.

Tomando como base los datos de concentración obtenida (anexo 2 a 5), en los 3 tratamientos, de las 5 repeticiones y las 4 lecturas el tiempo del experimento, se observaron, Las tendencias de los datos obtenidos (Figura 3 y 4) muestran que se detecta metamidofos en el agua, a los 7 días después de la aplicación (concentraciones obtenidas de metamidofos en las dos aplicaciones) y se determino separar estos en dos repeticiones por cada aplicación.

A los 7 días después de la aplicación los residuos de metamidofos en los suelos se comportaron diferente, en la primera aplicación en el suelo A se obtenía una mayor concentración del insecticida, mientras en la segunda aplicación se obtuvo una mayor concentración de residuos en el agua en el suelo C. Esto se pudo deber a que en la segunda repetición del experimento el agua no percolaba de manera similar como en la primera repetición.

Se obtuvo una concentración de 0.0056 mg / L de metamidofos en el agua de percolación a los 7 días después de la segunda aplicación, que fue la máxima detectada en el agua del suelo C (Figura 4). Realizando una comparación entre la máxima concentración de metamidofos detectada en el agua con la concentración letal para peces de 46 mg/L, se obtuvo que no representa un peligro para los peces.

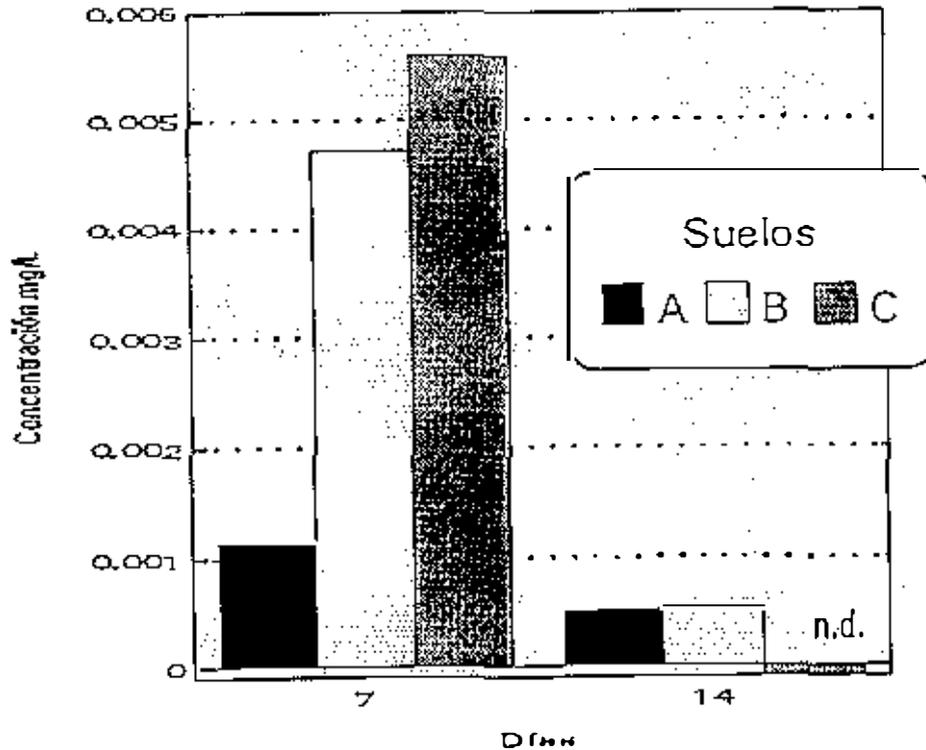


Figura 4. Concentración de metamidofos en el agua de percolación, 7 y 14 días después de la segunda aplicación.

Tanto el suelo y tiempo mostraron una respuesta similar en las dos repeticiones del experimento, obteniendo una concentración de metamidofos mayor a los 7 días después de cada aplicación. A los 7 días después de las aplicaciones los residuos de metamidofos en el agua de percolación se comportaron diferente en los tres tipos de suelo en ambas

aplicaciones. Mientras a los 14 días los suelos se comportaron en forma similar, esto se obtuvo ya que las aplicaciones se realizaron al comienzo de cada experimento.

4.2.4. Análisis estadístico

En el cuadro 11 se muestra el análisis de varianza para el modelo general en las dos repeticiones. El análisis de varianza en las repeticiones indica que el modelo evaluado fue significativo, en la repetición 1 (prob F = 0.03) explica un 54% de la variabilidad expresada por diferentes tipos de suelo. En la repetición 2 (prob F = 0.0026) explica un 73% de la variabilidad debida a los tipos de suelo.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el modelo general de las dos repeticiones del experimento sobre el efecto de tres tipos de suelo a través del tiempo en la concentración de metamorfos en el agua del suelo.

Repetición 1						
Fuente	g.l.	S.C.	C.M.	F.	Prob.	signif.
Modelo	9	0.00009	0.000010	2.63	0.0342	**
Error	20	0.00008	0.000003			
$R^2 = 0.54$ Conc. media = 0.0013 C.V. = 149.86						
Repetición 2						
Modelo	9	0.00014	0.000015	4.99	0.0026	**
Error	16	0.000049	0.000003			
$R^2 = 0.73$ Conc. media = 0.0019 C.V. = 88.25						

El número de observaciones fue 12 de 30 posibles en ambas repeticiones.

Se analizó el grado de significancia de las variables del modelo (cuadro 12). Este cuadro indica que en la repetición 1 la variabilidad atribuida al tiempo es significativa (Prob F = 0.071), esto se pudo deber a que la percolación del agua era constante en los primeros 15 días del experimento y existe diferencia entre replicas de tratamientos, que expresa que las replicas son representativas del ensayo y están completas. En la repetición 2 la variabilidad a la interacción entre suelo y tiempo es significativa (Prob F = 0.0274), no así la variabilidad de repeticiones, interacción suelo * tiempo y tiempo. En la segunda aplicación el tiempo no es significativo porque la percolación del agua a los 21 días después del comienzo del ensayo era menor. También las replicas no son significativas debido a que no existieron dos observaciones en el suelo C en ambas lecturas.

Cuadro 12. Grado de significancia para las variables del modelo general (Probabilidad = 0.1).

Repetición 1			
	Valor F	Prob. F	Significancia
Tiempo	12.60	0.0710	**
Suelo	2.86	0.2593	
Replicas	2.22	0.1030	**
Suelo*tiempo	0.73	0.4948	
Repetición 2			
Tiempo	5.47	0.1423	
Suelo	0.67	0.5969	
Replicas	1.92	0.1554	
Suelo*tiempo	4.54	0.0274	**

4.2.5. Recuperación de metamidofos en el agua del suelo

Para obtener el porcentaje de recuperación de metamidofos en el agua de percolación del suelo, se determino a través de las medias de la concentración obtenida de metamidofos en cada suelo y por cada lectura en el tiempo, para el que existieron las condiciones siguientes:

- Metamidofos a una dosis con concentración inicial de 144 mg/L.
- La concentración aplicada en el área experimental o lisímetro fue de 0.288 mg/L.
- La concentración mínima detectable en el agua es igual a 0.001 mg/L.

La cantidad recuperada de metamidofos es igual a la cantidad recuperada por el volumen de agua colectado y el porcentaje de recuperación se obtiene relacionando la cantidad recuperada y la cantidad aplicada del insecticida.

Los calculos de la cantidad retenida, retención y recuperación de metamidofos se realizaron de la forma siguiente:

Cantidad recuperada = Concentración detectada de metamidofos en el agua de percolación (mg/L) * agua colectada en litros (Cuadro 13).

% de recuperación = Cantidad recuperada de metamidofos / cantidad aplicada de metamidofos al suelo (mg) * 100.

% de retención = 100 - % recuperación.

A los 21 días después del comienzo del ensayo la percolación del agua fue disminuyendo, especialmente en el suelo franco C. En el suelo B se percolaba mayor volumen de agua (Cuadro 13).

Cuadro 13. Volumen medio de agua colectado en litros en los lisímetros cada 7 días.

LECTURA	TIPO DE SUELO		
	A (Franco)	B (Arcillo-limoso)	C (Franco)
I	0.779	0.865	0.867
II	0.746	0.841	0.830
III	0.552	0.691	0.458
IV	0.360	0.545	0.213

La recuperación de metamidofos en el agua del suelo más alta se obtuvo a los 7 días en la segunda aplicación en el suelo B (0.76) y la recuperación más baja fue en el suelo C en la primera y segunda aplicación a los 14 días. Los mayores porcentajes de retención de metamidofos se obtuvieron a los 14 días después de cada aplicación. El cuadro 14 muestra las medias, concentración obtenida, concentración retenida, porcentaje de retención y el porcentaje de recuperación de Metamidofos en el agua del suelo de tres tipos de suelo y con cuatro lecturas diferentes en el tiempo.

Cuadro 14. Concentración obtenida y retenida, porcentaje de retención recuperación de Metamidofos en el agua de percolación de tres tipos de suelo.

TIPO DE SUELO	Aplicación	Lect.	Concen. Media mg/L	Recup. mg	% RETEN.	% RECUP.
A	1	I **	0.004	0.0031	99.28	0.72
		II	0.00068	0.0005	99.88	0.12
	2	III	0.00114	0.0006	99.85	0.15
		IV	0.00052	0.0002	99.95	0.05
B	1	I	0.0021	0.002	99.52	0.42
		II	0	0	100	0
	2	III	0.0047	0.0036	99.24	0.76
		IV	0.00054	0.0003	99.93	0.07
C	1	I	0.0012	0.001	99.76	0.24
		II	0	0	100	0
	2	III	0.0056	0.0026	99.41	0.59
		IV	0	0	100	0

El porcentaje de retención de metamidofos en el suelo es alto en los tres tipos de suelo y en todas las lecturas en el tiempo.

El porcentaje de retención y de recuperación acumulada al final del mes se estima en el cuadro 15. Para el cálculo de la retención al final mes se tomo en cuenta que se realizo dos aplicaciones de Metamidofos.

Cuadro 15. Concentración obtenida y retenida, porcentaje de retención recuperación acumulado de Metamidofos en el agua de percolación de tres tipos de suelo.

TIPO DE SUELO *	Concen. media mg/L	Cantidad recuperada mg	% RETENCION	% RECUPERACION
A(Franco)	0.00634	0.015	99.11	0.89
B(Arcillo)	0.00736	0.5686	98.75	1.25
C(Franco)	0.0068	0.5692	99.07	0.93

* El suelo A corresponde al tipo franco 34% arena, 44% limo, 22% arcilla y un contenido de materia orgánica de 1.26%.

El suelo B corresponde al tipo arcillo limoso 16% arena, 40% limo, 44% arcilla y un contenido de materia orgánica de 2.39%.

El suelo C corresponde al tipo franco 48% arena, 30% limo, 22% arcilla y un contenido de materia orgánica de 1.06%.

** Las lecturas en el tiempo cada 7 días se identificaron así:

I = 8 Noviembre, II = 15 de Noviembre

III = 22 de noviembre y IV = 29 de Noviembre

La recuperación de metamidofos en el agua de percolación en orden descendente de mayor a menor fue: Suelo B (1.25%), Suelo C (0.93%) y Suelo A (0.89%). esto da a conocer que la recuperación de metamidofos en el agua del suelo en los tres tipos de tratamientos es baja.

4.3.6. Estimación de residuos por hectárea

Para determinar los residuos de Metamidofos por hectárea, se obtuvo a través del porcentaje de recuperación extrapolando la parcela experimental a una hectárea, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1 hectárea igual a 10000 m².
- Volumen de suelo en la parcela experimental igual a 0.0324

m².

- Concentración de Metamidofos aplicado por parcela de 0.288 mg/L.

- Cantidad de Metamidofos aplicado por hectárea de 86.4 gramos.

El cálculo de residuos de metamidofos por hectárea se determino por:

Recuperación en gr/Ha = gr/Ha de metamidofos por aplicación * % de recuperación.

En el cuadro 16 se muestra la recuperación en gramos de Metamidofos por hectárea en los tres tipos de suelo, en el tiempo y al final del mes.

Cuadro 16. Recuperación de Metamidofos en gramos por hectárea en el agua de tres tipos de suelo, en el tiempo y al final del mes.

TRATAMIENTO *	Aplicación	Lectura	Recuperación (gr/Ha)
A (Franco)	1	I	0.523
		II	0.101
	2	III	0.126
		IV	0.037
		Acumulado	
B (Arcillo-limoso)	1	I	0.36
		II	0
	2	III	0.65
		IV	0.59
		Acumulado	
C (Franco)	1	I	0.21
		II	0
	2	III	0.61
		IV	0
		Acumulado	

* La simbología corresponde a la usada en el cuadro anterior.

La estimación de residuos de metamidofos por hectárea en el agua del suelo fue mayor en el suelo Arcillo limoso C, comparado con la aplicación por hectárea de 172.8 gr. se observa que la recuperación es baja (2.16 gr/Ha). esto nos indica que de la cantidad total aplicada de metamidofos, se recupera por hectárea una cantidad muy baja.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Los insecticidas son los plaguicidas más utilizados por las meloneras en la Zona Sur de Honduras. Estos son aplicados durante 55 días durante el ciclo del melón, las aplicaciones se realizan desde octubre hasta abril.
2. La mayor concentración media obtenida de metamidofos en el agua de percolación del suelo fue a los 21 días después del comienzo del ensayo, en los tres tratamientos. El suelo C fue de 0.0056 mg/L, en el suelo B fue 0.0047 mg/L y en el suelo A fue 0.00114 mg/L.
3. No existe diferencia estadística con 10% de probabilidad entre las concentraciones obtenidas de metamidofos en los tres tipos de suelo comparados, es decir que los suelos se comportaron en forma similar a través del tiempo en ambas aplicaciones.
4. El máximo porcentaje de recuperación de Metamidofos (0.76%), en el agua se obtuvo a los 7 días después de la segunda aplicación en el suelo B.
5. Los máximos porcentajes de recuperación se alcanzaron a los 7 días después de la aplicación. Se realizaron dos aplicaciones de metamidofos, una al comienzo del experimento y la segunda a los 15 días.

6. La máxima recuperación de Metamidofos acumulada al final del mes fue 1.25% en el suelo B, esto explica que el metamidofos se degrada lento en este tipo de suelo.

7. La degradación de metamidofos en el suelo es alta, ya que al final del experimento no se detecto metamidofos en el suelo y la retención en los tres tipos de suelo no era menor de 99.24 %.

8. Realizando una comparación entre la concentración obtenida de metamidofos en el agua y la concentración letal media para peces de 46 mg/l. Se puede concluir que la lixiviación de metamidofos no representa un peligro para peces en la zona sur de Honduras.

5.2. Recomendaciones

1. Para realizar próximos estudios se debe aumentar el número de repeticiones en tiempo o disminuir el intervalo entre lecturas, y así realizar un mejor análisis estadístico.

2. Se debe implementar un programa de control de residuos de plaguicidas en agua subterráneas y superficiales, que puedan ser afectados por aplicaciones en las zonas meloneras.

3. Realizar un monitoreo de plaguicidas en la zona Sur de Honduras, que pueda comprobar cuales plaguicidas y en que concentración se encuentran en humanos, agua, tejido vegetal y animal, vida acuática y el suelo.

4. Realizar estudios que comprueben los efectos dañinos por residuos de plaguicidas en la zona Sur de Honduras, incluyendo meloneras, camaroneras y plantaciones de cana de azúcar.
5. La información obtenida en este experimento, puede servir para que se realicen estudios similares, contribuyendo de esta manera a reducir el error experimental debido a factores como forma de aplicación y degradación por microorganismos o fotodescomposición y de esta forma validar otras tesis realizadas sobre el tema.
6. Este ensayo debe servir de base para que se realicen estudios de residuos de plaguicidas en el ambiente tomando en cuenta otros factores como diferentes dosis de aplicación, tipos de plaguicidas y varios cultivos.

6. RESUMEN

La intensificación de la producción de cultivos de exportación y el uso de plaguicidas en la zona sur de Honduras, genero graves problemas ambientales para la cuenca del Golfo de Fonseca.

Por esto el objetivo del estudio era realizar un inventario de los plaguicidas utilizados por los productores de melón y determinar la residualidad de metamidofos como sustancia modelo de un insecticida organofosforado en el agua de percolación en tres tipos de suelo de la misma región. Se entrevisto a varios productores para estudiar sus practicas agrícolas y el manejo de los plaguicidas.

A demás se tomo muestras de suelo sin distubación para establecer ensayos de laboratorio con lisímetros en Zamorano. Se aplico metamidofos sobre los diferentes tipos de suelo en dosis similar a las practicas de los productores de melón incluyendo una simulación de la irrigación. Después de 7 y 14 días se colecto el agua de percolación, se determino la concentraciones de metamidofos y se realizo un análisis estadístico de los resultados.

La concentración máxima encontrada en el agua de percolación de los tres diferentes tipos de suelo fue de 0.0056 mg/L, mientras en los suelos no se detecto metamidofos.

Al calcular la tasa de recuperación esta representa 1.94% de la cantidad aplicada. Comparando los resultados con datos de la literatura se puede concluir que el metamidofos es de bajo riesgo para el ambiente acuático del Golfo de Fonseca.

7. BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, K.L.; QUEZADA, J. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Hond. 623p.
- BCIE (BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRACION ECONOMICA). 1989. Manual de uso ambiental de plaguicidas. Hond. 156p.
- BARBERA, C. 1967. Pesticidas agrícolas. Barcelona, España. OMEGA. 330p.
- BECKER, R.; HERZFELD, D.; OSTLIE, K.; STAMM, E. 1989. Clean water; Pesticides: surface runoff, leaching and exposure concerns. Minnesota Extension Service, University of Minnesota. p.1-32
- BOHMONT, B.L. 1983. The new pesticide user's guide. Virginia, E.E.U.U. RESTON. 443p.
- CONGRESO INTERNACIONAL MIP(4, 1992, El Zamorano, Honduras). 1992. Programa y resúmenes. El Zamorano, Honduras. Secretaria de R.R.N.N. 116p.
- CORE MANUAL. 1992. Fundamentals of pesticide use and application. 2 ed. SOYINK. E.E.U.U. 173p.
- CUBILLOS, A. 1988. Calidad del agua y control de la polución. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Merida, Ven. p.3-46. (Ambiente y Recursos Renovables)
- CREMLYN, R. 1985. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. México, D.F. LIMUSA. 356p.
- DE LA JARA, F. 1985. Manual de toxicología y tratamiento de intoxicaciones con plaguicidas agrícolas. 4 ed. México, D.F. 191p.
- EPA (E.E.U.U.). 1989. Private pesticide applicators training manual. U.S. EPA. U.S. Government Printing Office. 133p.
- FAO (ITALIA). 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnología, economía y gestión. Estudio FAO: Riego y Drenaje. Instituto geológico y minero de España; Instituto tecnológico de Massachusetts. Roma, Italia. p.42 - 56.

- FAO (ITALIA). 1988. Manual sobre elaboración y empleo de las especificaciones de la FAO para productos destinados a la protección de las plantas. Estudio FAO: producción y protección vegetal. 3 ed. Roma, Italia. 98p.
- GIFAP (AGRUPACION INTERNACIONAL DE ASOCIACIONES NACIONALES DE FABRICANTES DE PRODUCTOS AGROQUIMICOS). 1990. Seminario plaguicidas agrícolas. Colombia. 134p.
- GOULD, R. 1971. Pesticides identification at the residue level. American Chemical Society. Washington, E.E.U.U. ISBN. 104p.
- GRAVES, R.L. 1989. Method 507. Determination of nitrogen and phosphorus containing pesticides in water by gas chromatography with a nitrogen-phosphorus detector. Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Ohio, EE.UU. Revisión 2.0 pag. 143-161
- GUDIEL, V.M. 1987. Manual agrícola SuperB. 6 ed. Productos SuperB. Guatemala, Gua. 393p.
- HILGE, L.; THRUPP, L.; WESSELING, I. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, C.R. EUNED. 149p.
- ICAITI; ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS DE LOS E.E.U.U. 1971. Conservación del medio ambiente físico y el desarrollo: Los pesticidas en relación con el medio físico, la ocupación y el crecimiento del ingreso. Guatemala, Gua. p.158 - 165.
- INSECT CONTROL guide. 1992. 28 ed. Ohio, E.E.U.U. Meister Publishing Company. 450p.
- INSECTICIDE PRODUCT guide. 1988. Ohio, E.E.U.U. Meister Publishing Company. 290p.
- KIMBALL, A.; FINKELMAN, J.; CARACHEO, A.; MOLINA, G. 1989. Listado de plaguicidas restringidos y prohibidos en los países de la región de las Américas. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, México. 345p.
- KING, A.; SAUNDERS, J. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, Inglaterra. Administración de desarrollo extranjero (ODA). 182p.
- KOOKANA, R.; AYLMOORE, A.; GERRITSE, R. 1992. Time - dependent sorption of pesticides during transport in soils. (E.E.U.U.) Soil Science. 154(3):214-225

- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Trad. por Leonor Tejada. México, D.F. EUTEX. 538p.
- LOBKOWITZ, J.; HORLER, D.; REVILLA, A.; BARUEL, J.; CERMELLI, M. 1975. Uptake and degradation of Metamidophos by tomato plants and soils. Instituto de Investigaciones Científicas (Venezuela). International Atomic Energy Agency. Viena, Austria. :157-163
- METCALF, R.; MCKELVEY, J. 1976. The future for insecticides: needs and prospects. E.E.U.U. v.6, 524p. (Environmental science and technology)
- MILLER, G. 1992. Environmental science. 4 ed. California, E.E.U.U. WADSWORTH. 470p.
- MORGAN, D. 1982. Diagnóstico y tratamiento de los envenenamientos con plaguicidas. 3 ed. Iowa, E.E.U.U. 122p.
- MURRAY, D.L. 1990. Technology transfer and equitable development: some effects of pesticides in Southern Honduran Agriculture. Center for Latin American Studies Stanford University. E.E.U.U. 37p.
- PEKRUN, S.; KURZ, R.; UTERMANN, J. 1992. Leaching behavior of pesticides in the unsaturated soil zone - Model Experiments and simulation (En alemán). Modellversuche and simulativen zum verlagerungsverhalten ausgewählter pflanzenschutzmittel in der ungesättigten bodenzone. Vom Wasser. 78:325-341
- PROCEEDINGS 7. IUPAC CONGRESS "PESTICIDE CHEMISTRY". 1991. Hamburg, Alemania. 5-10. August. 1990.
- PROYECTO UC/AID de manejo de plagas y protección ambiental relacionados. 1976. Enfoque agromédico al manejo de pesticidas. California, E.E.U.U. 124p.
- RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. 1985. Fundamentals of aquatic toxicology. New Jersey, E.E.U.U. Hemisphere. 666p.
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. 1989. Pesticide index. ed. por Hamish Kidd y Douglas Hartley. Nottingham, England. ODNRI. 258p.
- SANCHEZ CAMAZANO, M.; SANCHEZ MARTIN, M.J. 1991. Relationship between the structure of organophosphorus pesticides and adsorption by soil components. (E.E.U.U.) Soil Science. 152(4):283-288

- SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACION TECNICA. 1981. Problemas de pesticidas en el tercer mundo. GTZ. Alemania. 61p.
- TAYLOR, K.; TRIGUEROS, S. 1988. Programa del centro de evaluación y manejo de plaguicidas. D.P.V. Publicación MIPH-EAP. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. No. 162.
- THE UK pesticide guide. 1993. Ed. por G.W. Ivens D. Phil. Cambridge, G.B. University Press. 565p.
- TURK, A.; WITTES, J.; TURK J.; WITTES, R. 1989. Tratado de ecología. 2 ed. México, D.F. Interamericana. 542p.
- VERGNE, P.; HARDIN, M.; DEWALT, B. 1993. Environmental study of the Golf of Fonseca. Tropical Research and Development. 102p.
- WALKLEY, A.; BLACK, C.A. 1938. An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter, and proposed modification of the oromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38
- WARE, G. 1978. The pesticide book. San Francisco, E.E.U.U. 197p.
- WAUCHOPE, R.; BAKER, D.; BALU, K.; NELSON, H. 1994. Pesticides insurface and ground water. E.E.U.U. Council for Agricultural Science and Technology. Issue Paper no. 2. p.1-8
- WEBER, W. 1979. Control de la calidad del agua: procesos físico químicos. Barcelona, España. REVERTE. 645p.
- WORTHING, C. 1979. The pesticide manual. G.B. The British Crop Protection Council. p.340
- WORTHING, C.; WALKER, B. 1987. The pesticide manual. 2ed. G.B. The British Crop Protection Council. p.542-543

8. ANEXOS

ANEXO 1. Tipo de compuesto, toxicidad mamífera, actividad y formulación de los insecticidas utilizados por las exportadoras de melón en la zona sur de Honduras. Ensayo Zamorano 1994.

NOMBRE COMUN	TIPO DE COMPUUESTO	TOXICIDAD	ACTIVIDAD	FORMULACION
Endosulfan	HC	B C	A P	CE
Thiocyclan-hidrogenoxalate	BIO		B	
Bacillus thuringiensis	BIO	C		PM
Avermectin	BIO			
Metamidofos	OF	A B	A S	CS
Dimetoato	OF	C	A S B	G CE
Bifenthrin	P	A	B P	CE
Esfenveralate	P	B C		
Metomil	C	A C	(S) BP	PS
Oxamil	C	A C	N S P	G CS
Carbofuran	C	X C	A N S P	G*

Tipo de compuesto

HC = Organoclorado BIO = Biológico
 OF = Organofosforado P = Piretroide
 C = Carbamatos

Toxicidad mamífera (DL 50)

La primera letra describe dosis oral y la segunda letra dosis dérmica (DL 50 mg/Kg) de peso:

X = menos de 20
 A = 21 - 50
 B = 51 - 150
 C = mas de 150

Actividad

N = Nematicida
 A = Acaricida - (a) = ligeramente acaricida
 S = Sistemico - (s) = ligeramente sistemico
 B = peligroso a las abejas
 P = tóxico a peces

Formulación

CE = concentrado emulsificable
 PM = polvo mojable
 P = polvo
 CS = concentrado soluble
 G = granular - G* = se recomienda aplicar solo granular

ANEXO 2. Resultados de los análisis de residuos de metamidofos en el agua Lectura I, 8 de Noviembre. Ensayo Zamorano. 1994.

Tratamiento	Textura *	Repetición	Concentración ***
Franco A	34 - 44 - 22	1	0.0046
Franco A	34 - 44 - 22	2	0.0024
Franco A	34 - 44 - 22	3	0.0113
Franco A	34 - 44 - 22	4	0.0017
Franco A	34 - 44 - 22	5	n.d. **
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	1	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	2	0.0018
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	3	0.0066
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	4	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	5	0.0022
Franco C	48 - 30 - 22	1	0.0024
Franco C	48 - 30 - 22	2	0.0016
Franco C	48 - 30 - 22	3	0.0019
Franco C	48 - 30 - 22	4	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	5	n.d.

* La Textura es % de arena, limo y arcilla.

** n.d. = no detectado

*** Concentración en mg/L

ANEXO 3. Resultados de los análisis de residuos de metamidofos en el agua Lectura II, 15 de Noviembre. Ensayo Zamorano 1994.

Tratamiento	Textura *	Repetición	Concentración ***
Franco A	34 - 44 - 22	1	0.0017
Franco A	34 - 44 - 22	2	0.0017
Franco A	34 - 44 - 22	3	n.d. **
Franco A	34 - 44 - 22	4	n.d.
Franco A	34 - 44 - 22	5	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	1	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	2	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	3	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	4	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	5	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	1	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	2	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	3	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	4	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	5	n.d.

* La Textura es % de arena, limo y arcilla.

** n.d. = no detectado

*** Concentración en mg/L

ANEXO 4. Resultados de los análisis de residuos de metamidofos en el agua Lectura III, 22 de Noviembre. Ensayo Zamorano 1994.

Tratamiento	Textura *	Repetición	Concentración ***
Franco A	34 → 44 → 22	1	n.d. **
Franco A	34 → 44 → 22	2	0.0040
Franco A	34 → 44 → 22	3	0.0017
Franco A	34 → 44 → 22	4	n.d.
Franco A	34 → 44 → 22	5	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 → 40 → 44	1	0.0090
Arcillo-Limoso B	16 → 40 → 44	2	0.0032
Arcillo-Limoso B	16 → 40 → 44	3	0.0037
Arcillo-Limoso B	16 → 40 → 44	4	0.0031
Arcillo-Limoso B	16 → 40 → 44	5	0.0046
Franco C	48 → 30 → 22	1	0.0061
Franco C	48 → 30 → 22	2	0.0088
Franco C	48 → 30 → 22	3	n.d.
Franco C	48 → 30 → 22	4	-----
Franco C	48 → 30 → 22	5	n.d.

* La Textura es % de arena, limo y arcilla.

** n.d. = no detectado

*** Concentración en mg/L

ANEXO 5. Resultados de los análisis de residuos de metamidofos en el agua Lectura IV, 29 de Noviembre. Ensayo Zamorano 1994.

Tratamiento	Textura *	Repetición	Concentración ***
Franco A	34 - 44 - 22	1	0.0026
Franco A	34 - 44 - 22	2	n.d. **
Franco A	34 - 44 - 22	3	n.d.
Franco A	34 - 44 - 22	4	n.d.
Franco A	34 - 44 - 22	5	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	1	0.0027
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	2	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	3	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	4	n.d.
Arcillo-Limoso B	16 - 40 - 44	5	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	1	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	2	n.d.
Franco C	48 - 30 - 22	3	-----
Franco C	48 - 30 - 22	4	-----
Franco C	48 - 30 - 22	5	n.d.

* La Textura es % de arena, limo y arcilla.

** n.d. = no detectado

*** Concentración en mg/L