

MONITOREO DE PESTICIDAS EN AGUA DE ESTEROS
DEL GOLFO DE FONSECA, HONDURAS

Por

Jorge Arturo Acevedo Estrada

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EL ZAMORANO, HONDURAS
OCTUBRE, 1995

MONITOREO DE PESTICIDAS EN AGUA DE ESTEROS
DEL GOLFO DE FONSECA, HONDURAS

Por:

Jorge Arturo Acevedo Estrada

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.

Vo.Bo. Jorge Arturo Acevedo Estrada
Octubre de 1995.

DEDICATORIA

A mis padres, Arturo Acevedo y Ana María de Acevedo, por su amor y apoyo incondicional en toda mi carrera.

A la memoria de dos seres queridos, Papa Oscar y Jorge Luis, que siempre vivirán en mi memoria y mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo de Asesores de mi tesis, Dr. Dan Meyer, Dr. Hans Kammerbauer e Ing. Mario Bustamante, por su dirección y consejos en mi investigación.

Al Ing. Carlos Aceituno, por su apoyo para poder darle inicio a este estudio y por sus consejos.

Al personal del Depto. de Ciencias Básicas, en especial a Silvia y Juanita, por su ayuda brindada de principio a fin de mi carrera de ingeniería.

Al Depto. de Recursos Naturales de la EAP, a la Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras y a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), por el apoyo económico brindado para el financiamiento de mi tesis y de mi carrera.

A mis amigos de Pantanal, que de una u otra forma contribuyeron en mi preparación integral en Zamorano.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	01
1.1. OBJETIVOS	03
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	04
2.1. EL AGUA Y SU CALIDAD.....	04
2.1.1. Polución y Contaminación.....	05
2.2. EL CICLO HIDROLÓGICO.....	06
2.3. PESTICIDAS.....	08
2.3.1. Organoclorados.....	08
2.3.2. Organofosforados y Carbamatos.....	09
2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA CONTAMINACIÓN.....	09
2.4.1. Métodos de Aplicación.....	09
2.4.2. Envases.....	10
2.5. PROPIEDADES DE LOS PESTICIDAS.....	10
2.6. EFECTOS NEGATIVOS DE PESTICIDAS EN SERES.....	11
2.6.1. Efecto acumulativo en la cadena trófica.....	12
2.6.2. Efectos tóxicos.....	12
2.7. MONITOREO DE RESIDUOS DE PESTICIDAS.....	13
2.7.1. Referencia histórica del monitoreo de pesticidas.....	14
2.7.2. Diseño del monitoreo.....	15
-Elección del sitio.....	15
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	18
3.1. ELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES MONITOREADAS....	18
3.1.1. Muestreo Piloto.....	18
3.1.2. Selección final de los sitios.....	19
3.1.3. Características de los sitios seleccionados.....	19
3.1.3.1 Estero San Bernardo.....	19
3.1.3.2. Estero Pedregal.....	20
3.1.3.3. Río Nacaome.....	20
3.1.3.4. Río Choluteca.....	20
3.2. METODOLOGÍA.....	21
3.2.1. Materiales.....	21
3.2.2. Protocolo de muestreo.....	21
3.2.3. Análisis de Laboratorio.....	23
3.2.3.1. Procedimiento.....	24
3.2.4. Análisis de resultados.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25

4.1. ESTERO SAN BERNARDO.....	25
4.2. ESTERO PEDREGAL.....	27
4.3. RÍO NACAOME (MONTE LÍBANO.....	29
4.4. RÍO NACAOME (ICASUR).....	30
4.5. RÍO CHOLUTECA.....	31
4.6. DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	33
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
5.1. CONCLUSIONES.....	35
5.2. RECOMENDACIONES.....	36
6. RESUMEN.....	38
7. LITERATURA CONSULTADA.....	39
8. ANEXOS.....	42

ABSTRACT

The contamination of water by pesticides is yet a serious problem in several aquatic ecosystems of the globe. Little is known about how much, which and how are the synthetic organic pesticides found in the natural waters of Honduras. The southern region of the country is an area of an rapid agricultural development. This report presents an account of the actual state of the water, with regard to pesticide contamination. Water is one of the main natural resources available in the area.

Five locations (located in two estuaries and two rivers) were monitored to determine the presence of pesticide residues. One grab sample of 1 L was taken at a water depth of 0.5 m at the pumping station of each of 5 farms (3 shrimp farms and 2 horticultural fields) each month between the period from November 1994 to August 1995. Gas chromatographic analyses were made for the following chemical groups: organochlorine, organophosphorous and carbamate pesticides.

Eleven residues were found, 4 organochlorines, 3 carbamates, one organophosphorous, one fenoxo, one triazole, and one quinoxaline. Of these, four are prohibited in Honduras. Six are listed on the pesticide application programs from the agricultural farms of southern Honduras.

Carbofuran at 9.23 mg/L (a concentration toxic to fish) was detected in the sample from the Choluteca River in February 1995. Carbofuran (Furadan), legally used in Honduras, has the EPA's permission to be used in melon crops. Heptachlor was found at a concentration of 0.26 mg/L (toxic to fish) in the Choluteca River sample from April. Heptachlor is not legal in Honduras. All of the other pesticide residues detected are below the published toxicity limits for aquatic life.

I. INTRODUCCIÓN

El agua tiene propiedades que favorecen la disolución de muchos materiales de donde fluye y el arrastre o transporte de partículas y químicos. Las sustancias disueltas pueden reaccionar entre sí ocasionando cambios en las características del agua y por ende en su calidad (Cubillos, 1988).

En el ciclo hidrológico el agua precipita naturalmente, percola al suelo e infiltra éste hasta alcanzar las aguas subterráneas. Junto con el agua de escurrimiento superficial se llegan a los estuarios naturales (Cubillos, 1988).

La región sur de Honduras fue una importante zona productora de algodón desde los años 50's, cuando se usaron altas cantidades de pesticidas clorinados (Vergne et al. 1993). Estos son muy persistentes y dejaron de ser usados principalmente por la caída de este monocultivo, al no ser rentable su producción. Luego de esta etapa del monocultivo de algodón le siguió la de las hortalizas de exportación como melón y sandía, y la del cultivo extensivo de caña de azúcar y su posterior procesamiento. En ésta última etapa volvieron los problemas del uso excesivo de los nuevos plaguicidas fosforados y carbamatos en la cuenca del Río Choluteca. Finalmente, fue introducida a la zona la camarucultura de exportación. Exceptuando las camaronerías, dichas explotaciones se ven en la necesidad económica de utilizar aplicaciones de pesticidas a un nivel alto e intensivo. Todo esto conlleva al establecimiento de posibles fuentes no puntuales de contaminación de acuíferos, por residuos de pesticidas o sus degradados, trayendo consigo consecuencias negativas.

Los biocidas son productos químicos perjudiciales si no letales para diversas especies de animales. El reciente desarrollo del cultivo de camarón marino en el sur de Honduras al lado del cultivo intensivo de hortalizas de exportación, ha llevado a la necesidad de monitorear y determinar los niveles o concentraciones de biocidas en las aguas de esta importante región agroproductiva (Meyer 1994).

La producción de camarón requiere poco o mínimo uso de pesticidas (Meyer 1994). El uso de altos volúmenes de plaguicidas en las áreas de producción hortícola puede generar el transporte de estos pesticidas a los esteros, de donde los camaroneros succionan el agua. Es necesario determinar las concentraciones de pesticidas en los estuarios de abastecimiento de agua en esta región. Puede existir un problema de contaminación por pesticidas la cual pueda impactar negativamente en la salud humana, en el rendimiento de las producciones agropecuarias, y sobre la flora y fauna regionales. El monitoreo del agua es necesario para determinar dichas concentraciones, ya que si la hipótesis de que el origen de los pesticidas es debido al uso de éstos en las explotaciones hortícolas, entonces suponemos que las concentraciones de los pesticidas son variables respecto a la etapa (en tiempo) del posible cultivo hortícola responsable.

Conociendo la potencial actividad de contaminación, se hace necesaria una base de datos, que pueda describir o caracterizar cuáles son las concentraciones de residuos que se hallarían, durante un lapso de tiempo que represente las variaciones del entorno que se quiere caracterizar. En vista de que poco se ha hecho para la caracterización de la zona (Vergne et al. 1993), en cuanto a determinar niveles de pesticidas en las aguas estuarianas, se propuso, de parte de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP, ZAMORANO), la International Atomic Energy Agency (VIENA), la FAO y la Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras (ANDAH), realizar un estudio para detectar la presencia de pesticidas en cinco esteros durante un año

La palabra pesticida es un término general que incluye a los fungicidas, herbicidas, bactericidas, insecticidas y rodenticidas. Los compuestos químicos orgánicos sintéticos son los más importantes por su toxicidad y uso más frecuente, por lo que en este estudio fueron evaluados. Los tres principales grupos estudiados en las aguas son: los organoclorados por su persistencia en el ambiente, los organofosforados por su relativa movilidad y los carbamatos, si bien estos son relativamente recientes y poco conocidos en cuanto a su comportamiento en el suelo (Bustamante 1995). La mayoría de los herbicidas son importantes desde un punto de vista de contaminación de agua, pues presentan cierta

movilidad y son tóxicos para las plantas en concentraciones moderadas, mientras que para los animales esta toxicidad se presenta en concentraciones altas (FAO 1981).

La concentración de plaguicidas en aguas superficiales se encuentra muy cercana al límite de determinación de los métodos analíticos más sensibles. En el caso de esta investigación se utilizó la cromatografía de gases como método de determinación de concentraciones.

1.1. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio fueron:

1. Detectar la presencia de pesticidas en las aguas de varios esteros en el sur de Honduras.
2. Monitorear la presencia de pesticidas en el agua de varios esteros en el tiempo (de Noviembre de 1994 a Agosto de 1995).
3. Determinar y analizar las diferencias en concentraciones de cada sitio y sus diferencias a través del tiempo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La protección contra las plagas y enfermedades en cultivos de exportación, con el afán de incrementar la producción al máximo, representa indudablemente una base para el aumento del ingreso de divisas para países agrícolas en vías de desarrollo, particularmente de divisas tan necesarias para sostener la balanza de pagos y con ello evitar la devaluación de las monedas nacionales. Los estudios realizados en los últimos 30 años sobre protección ambiental han demostrado que de los recursos básicos de la vida formados por la energía solar, suelo, agua y aire, solamente el primero no manifiesta signos de contaminación (Cubillos 1988).

Los plaguicidas son un elemento básico del desarrollo de la industria y de la producción de alimentos, pero siendo productos químicos, indudablemente ellos ocasionan contaminación. Varios de estos productos, especialmente los organoclorados como el DDT, el Dieldrin, el Heptacloro, Endrin y otros del mismo grupo, permanecen en el suelo por hasta 30 años (Cubillos 1988).

La contaminación del agua de los arroyos, ríos, lagunas y mares es bastante común por el acarreo de residuos de insecticidas a través de la erosión pluvial de los campos cultivados y tratados con pesticidas (ICAITI 1971). Según estudios del ICAITI, demuestran que existen aproximadamente dos partes por millón de DDT y 0.5 partes por millón de Dieldrin en la mayor parte de los suelos cultivados en Inglaterra y otros países donde se usaron estos compuestos.

2.1. EL AGUA Y SU CALIDAD

El agua es un recurso natural renovable esencial para la vida, el contenido de agua en el protoplasma celular supera el 80% y los cambios en el contenido normal de agua afectan a los seres vivos. El agua tiene propiedades que favorecen la disolución de

muchos materiales del suelo y de las rocas por donde fluye y el arrastre o transporte de partículas. Las sustancias disueltas pueden reaccionar entre sí ocasionando cambios en las características del agua y por ende en la calidad.

Conceptualmente, calidad de agua es el conjunto de características físicas, químicas, y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alteradas por la acción del hombre (Cubillos, 1988). Esta calidad se determina en base a las características del cuerpo de agua y es modificada por el acceso de materiales extraños a éste, ya sea por acción de la naturaleza misma o como consecuencia de la actividad humana.

2.1.1. Polución y Contaminación.

Contaminación o polución es el deterioro de los recursos como el agua, producido por el vertimiento de desechos. En sí, polución es la desmejora de la calidad del agua ocasionada por materiales u objetos extraños (e.g. pesticidas químicos) que la hacen menos adecuada para usos benéficos e incluso desagradable a los sentidos de la vista, el gusto y el olfato. En cambio, contaminación es el deterioro de la calidad del agua por el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales, agropecuarias, gases o tóxicos hasta hacerla inadecuada para consumo y ofrecer peligros a la salud del usuario (Cubillos 1988).

El carácter de la contaminación puede ser puntual o no puntual. Puntual es aquella que tiene un origen concentrado y proviene de un lugar específico (Lee 1995). No puntual, es la que tiene un origen disperso y acumulado en un área grande, extendiéndose sus efectos sobre amplias zonas (EPA 1991).

El agua, como solvente universal y medio de transporte de otras sustancias, es el medio portador de los pesticidas desde su aplicación, caída al suelo y contaminación no puntual de los acuíferos. Para entender mejor cómo el agua se absorbe en el suelo y es transportada hasta ríos, lagos, esteros y mares, se debe entender el ciclo hidrológico del agua. Este ciclo explica la física del líquido, aclarándonos de manera sencilla el porqué de muchos procesos dinámicos del agua y sus solutos.

2.2. EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico del agua describe la forma como el agua se mueve alrededor y a través de la tierra. Comprende diferentes etapas:

1. **Evaporación:** la energía solar evapora el agua de los acuíferos. Esta agua es acarreada por los vientos sobre la tierra, hasta la etapa de precipitación. La evaporación es el cambio que sufre el agua de su estado líquido a gaseoso. El proceso ocurre cuando algunas moléculas del líquido adquieren la suficiente energía cinética para sobrepasar las fuerzas de tensión superficial y escapar de la superficie del líquido.
2. **Precipitación:** es el proceso contrario a la evaporación. Es el cambio sufrido por el agua de su estado gaseoso a su estado líquido. Las moléculas pierden energía y se precipitan.
3. **Intercepción:** el agua que es detenida por vegetación antes de que ésta toque el suelo. Luego esta agua regresa a la atmósfera.
4. **Escurrimiento:** agua que no es directamente absorbida por el suelo se mantiene en la superficie de éste, llena pequeñas depresiones y luego se desborda y corre en dirección de la pendiente en corrientes.
5. **Infiltración:** el agua absorbida por el suelo satura éste por infiltración. El agua se mantiene adherida a las partículas del suelo como humedad del suelo por medio de fuerzas capilares.
6. **Percolación:** luego de que el agua infiltrada sature el suelo, entonces fluye verticalmente en proceso de percolación hasta la capa freática.

7. Descarga lateral: una vez que los poros del suelo o roca en la capa freática se llenan, sigue un flujo horizontal lateral lento, hasta llegar a los acuíferos (Dunne & Leopold 1978).

El proceso del ciclo hidrológico hace posible los pesticidas orgánicos sintéticos, viajen sobre o a través del suelo hasta los esteros (Fig. 2.1.). En su recorrido, el agua toma impurezas, como los pesticidas, que cambian su calidad (Cubillos 1988). Un pesticida puede moverse de su sitio de aplicación percolándose bajo la zona radical de un cultivo o escurriéndose con el sedimento o el agua, por escorrentía superficial. Ambas rutas de movimiento tienen el potencial de afectar adversamente la calidad del agua (Becker et al. 1989).

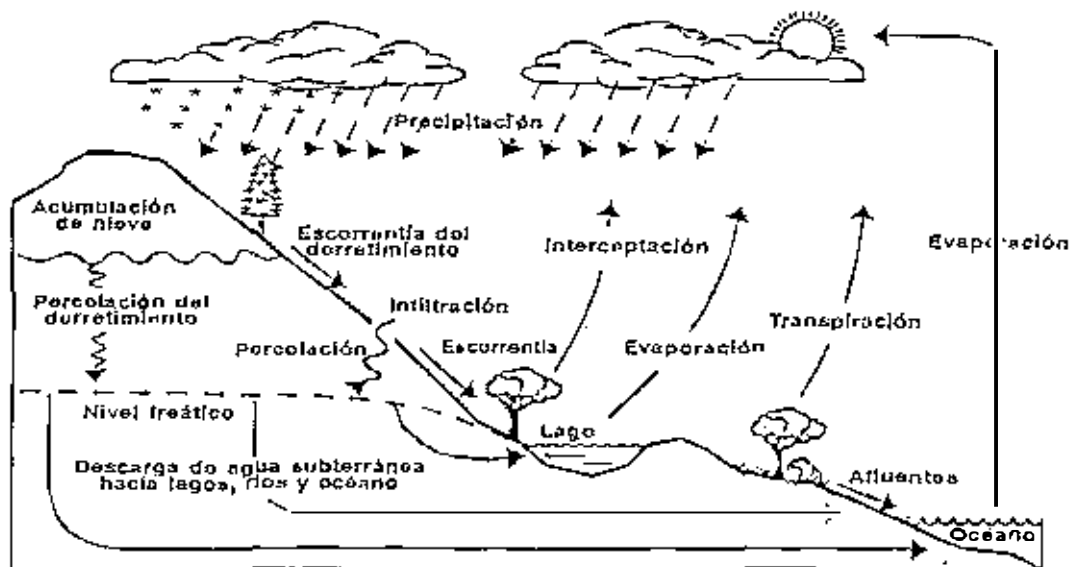


Fig. 2.1. Diagrama del Ciclo Hidrológico (Dunne & Leopold, 1978).

2.3. PESTICIDAS

El impacto potencial de un pesticida en la calidad del agua está parcialmente determinado por sus características físicas/químicas, las propiedades del suelo en que es aplicado, el método de aplicación y también los patrones climáticos (Becker 1989). A continuación se mencionan varias definiciones del término pesticida:

Pesticida es una sustancia o mezcla de sustancias hecha para prevenir, destruir, repeler, o mitigar una plaga. También, cualquier sustancia o mezcla de sustancias hecha para usarse como regulador vegetal, defoliador o desecante (EPA 1991). La palabra pesticida es un término general que incluye a los fungicidas, herbicidas, insecticidas, fumigantes y rodenticidas (FAO 1981.). Es cualquier agente usado para matar o controlar insectos, malezas, roedores, hongos, bacterias, u otros organismos no deseados. El término "pesticidas" incluye insecticidas, herbicidas, rodenticidas, fungicidas, nematocidas, y acaricidas; así como también desinfectantes, fumigantes, y reguladores de crecimiento vegetal. Los grupos escogidos para detectar en el presente estudio fueron los organoclorados, los organofosforados y los carbamatos.

2.3.1. Organoclorados.

Los organoclorados han sido utilizados ampliamente desde 1945. Se caracterizan por un importante efecto residual (persistencia), por una baja solubilidad en el agua, y un efecto específico sobre determinados organismos (especificidad). Con el transcurso de los años, sin embargo, estos organismos han presemado cierta resistencia a la acción de determinados pesticidas organoclorados limitando como consecuencia su utilidad. Esto, combinado con su persistencia y toxicidad ha desembocado en una serie de restricciones y prohibiciones en el uso del más conocido de los organoclorados, el DDT. No obstante su baja solubilidad, ellos son extremadamente tóxicos y concentraciones del orden de 10^{-3} mg/L pueden ser peligrosas para las aguas de abastecimiento (FAO 1981). Se ha

demostrado que los compuestos organoclorados pueden moverse vía lixiviación o con las partículas del suelo dentro de las cuales se encuentran absorbidos (FAO 1981).

2.3.2. Organofosforados y Carbamatos.

Los organofosforados y carbamatos se degradan con relativa rapidez y tienen una limitada acción residual. Su solubilidad es también limitada, pero es mucho mayor que la de los organoclorados (e.g. Parathion-M 60 mg/L, Carbofuran 700 mg/L). Ha sido encontrado que ciertos compuestos organofosforados pueden trasladarse grandes distancias bajo la superficie del suelo, aunque existen datos indicando que son absorbidos desde una forma moderada hasta una cierta intensidad. La magnitud del movimiento depende del tipo particular de pesticidas y suelo (FAO 1981).

2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA CONTAMINACIÓN

Los pesticidas penetran la capa freática del suelo de varias formas a través de derrames, almacenamiento inapropiado o incluso por la aplicación normal de productos en el campo. Varios factores influyen en la magnitud de la contaminación del suelo con un pesticida. Estos son: las propiedades físico-químicas del pesticida y su persistencia, la frecuencia y cantidad de pesticida aplicada, las características del suelo y la geología del área (EPA 1991).

Además de los relacionados con la absorción del suelo, están los dos factores más importantes que intervienen en la contaminación del agua subterránea por pesticidas (FAO 1981):

2.4.1. Métodos de Aplicación.

Los pesticidas escapan durante su aplicación, por su solubilidad y volatilidad. Pueden ser aplicados al suelo en forma líquida, atomizados, o en forma sólida como polvo

o gránulos. Estos métodos son imperfectos desde el punto de vista de aplicación, porque algunos de los pesticidas alcanzan áreas no programadas. Varios aceites y sustancias emulsivas, pueden ser añadidas al pulverizador para aumentar el tamaño de las gotas y reducir el arrastre. Asimismo, se pueden mejorar las aplicaciones de polvos por medio de equipos electrostáticos que producen partículas cargadas.

2.4.2. Envases.

Los pesticidas pueden entrar en el medio ambiente a través de inapropiadas prácticas de eliminación de sus envases. Si son depositados o quemados sobre terrenos permeables, las aguas subterráneas pueden contaminarse (FAO 1981). Los desperdicios de pesticidas se originan del uso de éstos en la agricultura, la industria, uso casero y otros tipos de control de plagas. Los desperdicios de pesticidas se presentan en varias formas: envases vacíos, envases con sobras, y excesos de pesticidas diluidos a causa de sobras de mezclas de tanques para aplicación, lavado de equipo de aplicación y lavado de envases vacíos (EPA 1991).

2.5. PROPIEDADES DE LOS PESTICIDAS

El movimiento de pesticidas por escorrentía superficial o por lixiviación está influenciado tanto por las propiedades del suelo como de los propios pesticidas. Las propiedades importantes de los pesticidas son su adsorción por el suelo, su solubilidad en el agua y su persistencia en el suelo. El índice de adsorción por el suelo, o coeficiente de adsorción (K_{oc}), es la medida de poder de adsorción que tiene el suelo hacia los pesticidas, o sea, la tendencia de los pesticidas a ser adheridos a superficies de las partículas de suelo. Valores altos (arriba de 1000) indican un pesticida fuertemente adherido al suelo que no tiende a moverse, excepto por erosión. Productos con valores menores (entre 300 y 500)

tienden a moverse con el agua y tienen el potencial de lixiviarse o moverse lejos del sitio de la aplicación con el agua de escorrentía (Becker et al. 1939).

La solubilidad en el agua de un pesticida, a temperatura ambiente, se expresa en partes por millón (ppm). La solubilidad de un pesticida mostrará que tan fácil se lava éste del residuo del cultivo y se lixivia a través del suelo. En general, pesticidas con solubilidades de 1 o menos tienden a permanecer en la superficie del suelo, no se lixivian, pero puede moverse fuera de sitio con el sedimento del suelo. Pesticidas con solubilidades mayores a 30 ppm tienden más a lixiviarse (Becker et al. 1939).

La persistencia, o vida media expresada en días, es el tiempo que requiere un pesticida en el suelo para degradarse a la mitad de su concentración inicial. En general, a mayor vida media, mayor potencial de movimiento. Un pesticida con una vida media mayor de 21 días persistirá lo suficiente para lixiviarse o moverse por escorrentía antes de degradarse. Los valores de vida media dados deben ser usados exclusivamente como indicadores relativos de persistencia. Los valores de vida media pueden variar dependiendo del tipo de compuestos químicos, la humedad del suelo, temperatura, oxígeno, población microbiana, pH del suelo y otros factores.

2.6. EFECTOS NEGATIVOS DE PESTICIDAS EN SERES VIVOS

La mayoría de la información sobre efectos negativos de los pesticidas en sistemas hidrológicos concierne a los organoclorados. Éstos caen directamente a los acuíferos y son absorbidos por partículas sólidas, de suelo o de materia orgánica, o quedan en solución en el cuerpo de agua. Los organoclorados son más liposolubles que hidrosolubles, por lo tanto tienden a disolverse en sustancias lipídicas (Woodwell et al. 1967).

2.6.1. Efecto acumulativo en la cadena trófica.

Debido a su alta solubilidad en grasa, los organoclorados se concentran en el fitoplancton del agua; luego el fitoplancton es consumido por el zooplancton o por los peces, el pesticida es disuelto en las sustancias lipídicas y se acumula en el cuerpo; luego, estos organismos son consumidos por otros más grandes, la concentración del pesticida en el cuerpo del depredador aumenta porque el organoclorado se disuelve en las grasas en lugar de ser excretado al agua nuevamente. En la siguiente tabla (Tabla 2.1.), Woodwell et al. (1967), muestran el efecto acumulativo de los organoclorados con el ejemplo de residuos de DDT (y sus degradados, DDE y DDD) en muestras de un estuario en Long Island, New York, EE.UU.

TABLA 2.1. Concentración Biológica de residuos de DDT en un Estero de la Costa Este de Estados Unidos, Long Island, New York.

ORGANISMO	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Agua	0.00005
Plancton, mayormente zooplancton	0.04
Alga	0.08
Camarón	0.16
Peccecillo plateado del Atlántico	0.23
Chain pickerel (pez depredador)	1.33
Garza verde (ave depredadora)	3.54
Gaviota (consume carroña)	6.50
Pato merganser, "gallipato" (ave depredadora)	22.80
Corvejón (depreda peces grandes)	26.40
Gaviota picuda (depreda peces grandes)	75.50

2.6.2. Efectos tóxicos.

Un informe presentado por Odum en 1971 afirma que los derrames de insecticidas son responsables de un gran número de mortalidades de peces y algunas muertes humanas cada año. Los efectos tóxicos del DDT y otros compuestos similares aun no se conocen

del todo. Los compuestos causan el ablandamiento de cáscaras de huevos, y por ende, rompimientos y baja reproducción en ciertas aves (Odum, 1971). Según Odum, este es un ejemplo de como los pesticidas podrían no ser letales para un individuo, pero sí para la población. En algunos peces, las tasas reproductivas son reducidas a causa de DDT concentrado en las yemas de sus huevos, el cual envenena los embriones. Los efectos en humanos aun no están muy bien comprendidos, sin embargo, se sabe que son acumulativos en el cuerpo.

Algunos herbicidas como los del grupo de los carbamatos no son tan persistentes en el suelo como los organoclorados (e.g. Diallylate, vida media 30 días); En suelos forestales ellos tienen vidas medias de 10 a 300 días (Dunne y Leopold, 1978). Aunque por lo regular no se acumulan en los mamíferos, repetidas aplicaciones podrían causar una acumulación, hasta llegar a concentraciones tóxicas. Las aplicaciones adecuadas, escasamente aumentan las concentraciones en el agua, sin embargo, la escorrentía de suelos orgánicos en áreas húmedas acarrea concentraciones bien altas después de días o semanas de hacerse las aplicaciones. Los efectos a corto plazo (agudos) de las aplicaciones racionales de herbicidas, usualmente no son mortales para los animales (Norris 1971).

2.7. MONITOREO DE RESIDUOS DE PESTICIDAS

Los datos de un estudio de monitoreo de agua de acuíferos son usados tanto para detectar el potencial de un pesticida para lixiviar, como para detectar la presencia de éste en el cuerpo de agua por años de uso. Los estudios de monitoreo en el campo son necesarios, porque los patrones de degradación y movimiento de los pesticidas se ven influenciados por una amplia variedad de factores ambientales, los cuales no podrían ser imitados a nivel de laboratorio.

2.7.1. Referencia histórica del monitoreo de pesticidas.

Los estudios de monitoreo fueron promovidos por la Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos (EPA), debido a que para el registro de productos pesticidas se necesitaban pruebas de comportamiento (lixiviación) y presencia. De esta manera, se llenarían los requisitos de registro que exige el Acta Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) del mencionado país. En el año de 1987, la Oficina de Programas para Pesticidas (OPP) de la EPA empezó a exigir estudios de monitoreo de agua, para pesticidas con potencial de contaminación del recurso.

Previo a 1980 se creía que los pesticidas se degradaban en la zona radicular, biológicamente activa, y en la zona vadosa, por lo tanto no representarían una amenaza a la calidad del agua. Luego unas investigaciones indicaron que varios pesticidas estaban siendo detectados en el agua, a nivel nacional en Estados Unidos (Holden 1986). Al final de los 70's y principios de los 80's, las preocupaciones acerca de la contaminación acuática, debido al uso normal de agroquímicos, incidieron para que la OPP evaluara 300 ingredientes activos de pesticidas, para esclarecer aquellos con el potencial de lixiviarse al agua. Un total de 141 productos registrados fueron detectados con este potencial (Behl y Eidcn 1991).

En el año de 1987, cuando la EPA trató de corregir las etiquetas de los pesticidas para advertir acerca de la posibilidad de contaminación del agua, la industria argumentó que la presencia de residuos de pesticidas a una profundidad específica no era suficiente evidencia para basar una acción reguladora. Además, porque los residuos detectados en el agua eran atribuidos a fuentes de contaminación puntual en vez de al uso agrícola normal. Las posibles fuentes puntuales -debidas a actividades de mezclado y llenado de productos, prácticas inadecuadas de deshecho, y los casos de manejo inadecuado- deben ser diferenciadas de las fuentes no puntuales debidas al uso agrícola normal. Aunque estas actividades no constituyen un "uso agrícola normal", como requiere FIFRA.

Las críticas hechas a la EPA por su proposición de cambios en las etiquetas, basados en información de campo restringida, y datos de monitoreo mostrando

detecciones esporádicas de pesticidas de un origen cuestionable, influyeron para que la OPP desarrollara nuevos requisitos de información, enfocándose específicamente en residuos de pesticidas en el agua. De aquí en adelante, el monitoreo del agua vino a formar parte integral del proceso de registro de los pesticidas.

Una base de datos de detecciones de pesticidas en agua, en los Estados Unidos, fue desarrollada en 1988 por la OPP con el afán de proveer información de monitoreo adicional, acerca de pesticidas que hallan lixiviado en el agua como respuesta al uso agrícola normal. Esta base de datos identifica a los pesticidas, las localidades y frecuencias en que son encontrados, y además, clasifica el origen de los contaminantes como puntual o no puntual (Behl y Eiden 1991).

2.7.2. Diseño del monitoreo.

Los estudios de monitoreo a gran escala resultan muchas veces difíciles de interpretar. Esto es debido a que contienen una mínima caracterización del sitio; por ello, es casi imposible determinar si los residuos del pesticida se disipan en la zona vadosa, o si el período de un año de muestreo es insuficiente para observar movimiento.

Los estudios de laboratorio proveen estimados conservadores de como los procesos ambientales influyen el movimiento y la persistencia de un pesticida. El estudio de campo está diseñado para fijar el efecto total de estos procesos en el movimiento de un pesticida o sus degradados moviéndose en la porción superior del perfil del suelo (Behl y Eiden 1991).

Elección del sitio.

En el pasado, la elección de los sitios de muestreo era determinada por el historial de uso del pesticida en el sitio, la vulnerabilidad hidrogeológica, y por contactar un cooperador (dueño de la tierra) para que participe en el estudio. Solo una mínima caracterización era requerida para verificar los atributos edáficos e hidrogeológicos del sitio, previo a iniciar el estudio. En la actualidad se requiere más información intensiva del

sitio, antes y durante el estudio de campo. Mapas locales y la variación de los parámetros del sitio deberán ser definidos profundamente (Behl y Eiden 1991).

Una vez se ha escogido un sitio, su caracterización detallada puede iniciarse. Ésta incluirá la definición de mapas, detallando características topográficas e hidrológicas, intervalos de curvas de nivel, coordenadas de latitud y de longitud, y también características fuera de sitio que puedan afectar el gradiente freático local. Las características químicas del agua, como iones mayores, pH, estados de reducción/oxidación, temperatura y conductividad, deberán ser determinados para las muestras de agua. Estos parámetros pueden afectar el movimiento y persistencia de algunos pesticidas. Además, el agua de riego debe ser caracterizada para asegurar que la química del agua de la capa freática no ha sido significativamente alterada durante el estudio. Toda la información recolectada deberá ser presentada en resúmenes, en lugar de presembrar datos de recolección diaria. Las condiciones climáticas durante el estudio pueden afectar la profundidad a la cual los residuos se mueven debajo de la superficie, en el suelo (Behl y Eiden 1991).

La calendarización del muestreo y el número de fechas de muestreo deberá ser adecuado para que describa el movimiento de los residuos de pesticida hacia abajo. El itinerario de muestreo es elaborado para satisfacer a las condiciones del sitio, la tasa de transmisión de agua y el pesticida. El número de muestras deberá ser adecuado, en lo posible, indicar la variabilidad de los residuos en el campo. Los estudios de monitoreo se esperan que duren de 2 a 3 años, incluyendo la elección del sitio, adquirir los instrumentos, muestreo y análisis, y la preparación del informe final. La duración también varía dependiendo del clima durante el periodo de muestreo, o los resultados reportados en un informe de progreso. Por ejemplo, si se sabe de la infiltración de un pesticida en el suelo, y el año de muestreo es inusualmente seco (y además, el riego no satisfizo el déficit de lluvia), entonces se esperará que los residuos se muevan muy despacio. En este caso, una extensión del periodo de muestreo será necesario. Ningún estudio debe terminar si aun no contesta a los objetivos por los que fue planteado. En los estudios de monitoreo a

pequeña escala el agua es muestreada una vez al mes por un mínimo de un año a dos años. Sin embargo, no puede haber un solo itinerario, pues la calendarización del muestreo variará dependiendo de las condiciones de humedad del suelo durante el estudio (Behl y Eiden 1991).

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. ELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES MONITOREADAS

Para poder escoger cuántos y cuáles sitios muestrear se determinó que se debía realizar un muestreo piloto para reconocer las áreas con mayor potencial de problemas de la índole de contaminación por pesticidas. Luego, se hizo la elección final de los sitios.

3.1.1. Muestreo Piloto.

Para determinar qué sitios tenían el potencial de problema, se tomaron como criterios de elección los siguientes:

1. El hecho de que fuesen fuentes de abastecimiento hídrico, tanto para explotadores grandes (camaroneras), como para medianos (horticultores) y pequeños (pescadores y agricultores de subsistencia)
2. Cercanía del cuerpo de agua con una posible fuente no puntual de descarga de contaminantes (meloneras de exportación, ingenios y otras explotaciones hortícolas de tamaño considerable)
3. Disponibilidad de un colaborador, o sea, el acceso a muestrear en su terreno y si a caso un mínimo de apoyo logístico
4. Posición geográfica, en la cuenca, que represente variantes hidrogeológicas vulnerables a este tipo de contaminación, en la región
5. Y por último, que exista lógica en el protocolo, en cuanto a disponibilidad de tiempo para transportarse hasta la región del estudio, tiempo de transporte entre sitios, y el tiempo de transporte de las muestras hacia el laboratorio de análisis (importante para evitar que éstas se degraden).

Para este muestreo preliminar se eligieron 9 localidades, Estero Pedregal y Estero San Bernardo (ambos de la empresa Granjas Marinas), Estero La Jagua (empresa Acuacultivos de Honduras), Estero Grande (empresa Sea Farms), Río Choluteca (a alturas

del Laboratorio La Lujosa), Río Nacaome (empresa Monte Libano), Río Nacaome (empresa ICASUR), Acuacultivos Fonseca), y CUMAR. Se tomaron muestras de dichas localidades, en noviembre de 1994 y enero de 1995. Se mandaron a analizar las muestras recolectadas, se evaluaron los resultados y se sometieron a los criterios de elección, mencionados anteriormente, así como también a la determinación de si existía, o no, presencia significativa de residuos. A partir de esta evaluación se seleccionarían las localidades a monitorear.

3.1.2. Selección final de los sitios.

En seguida de haber evaluado los resultados de los análisis preliminares, se eliminaron 4 de los 9 sitios monitoreados, resultando en 5 el número final de lugares a muestrear. Los lugares a muestrear, elegidos finalmente, serían:

1. Estero San Bernardo (Granjas Marinas)
2. Estero Pedregal (Granjas Marinas)
3. Río Nacaome (Monte Libano)
4. Río Nacaome (ICASUR) y
5. Río Choluteca (La Lujosa).

3.1.3. Características de los sitios seleccionados.

A continuación se presentan los datos más importantes que describen la características de los lugares en donde se monitoreó el agua. Como referencia posicional, se toma en cuenta a la ciudad de Choluteca, Depto. de Choluteca, Honduras.

3.1.3.1. Estero San Bernardo: la localidad es en la camaronera de la empresa Granjas Marinas, está ubicada a 45 Km. de la ciudad de Choluteca, en dirección hacia Guaxule, frontera con Nicaragua. El punto específico de muestreo es en la estación de bombeo número 2, la cual queda 5 Km. del plantel de la empresa. Toma unos 80 minutos trasladarse desde Choluteca hasta el punto muestreado y viceversa. El lugar cuenta con

una precipitación media anual de 1400 mm; la temperatura media anual es de 28° C¹. Sus aguas obedecen a los patrones de las mareas, en cuanto a salinidad, temperatura y oxígeno disuelto.

3.1.3.2. Estero Pedregal: este lugar de muestreo está ubicado en la misma empresa que la localidad anterior, Granjas Marinas. El punto específico de toma de muestras es en la estación de bombeo número 1, a 4.5 Km. del plantel. El sitio posee las mismas características climáticas que el previo.

3.1.3.3. Río Nacome: para este río se tomaron dos puntos de muestreo, uno en la melonera Monte Libano y el otro en la camaronera ICASUR.

Para el caso del primero, el muestreo se realizó en la estación de bombeo de la finca Santa Rosa, melonera Monte Libano. Ubicada en el Depto. de Valle. Las condiciones climatológicas son las siguientes: precipitación media anual de 1350 mm., y temperatura media anual de 29.6° C. El río recibe el desagüe de la melonera Monte Libano y de otras explotaciones de melón, de caña y de sandía, río arriba.

Con respecto a la segunda localidad de muestreo del río, está ubicada en la misma finca del sitio anterior. Las muestras fueron tomadas de la estación de bombeo de la camaronera ICASUR. Las condiciones ambientales son las mismas que en Monte Libano.

3.1.3.4. Río Choluteca: las muestras fueron tomadas en el área de la estación experimental agrícola, contiguo al Laboratorio de Calidad de Agua La Lujosa. Su ubicación está a 20 Km. de Choluteca. La condición ambiental de la zona es la siguiente: precipitación media anual de 1200 mm, y su temperatura media anual de 30.1° C. Este río tiene potencial de contaminación debido a que está expuesto a contaminaciones no

¹ Dato promedio en diez años, Depto. de Servicios Hidrológicos y Climatológicos, Secretaría de Recursos Naturales de Honduras.

puntuales de explotaciones agrícolas y puntuales de industrias, provenientes en su mayoría de Tegucigalpa.

3.2. METODOLOGÍA

A continuación se detallan los materiales y procedimientos utilizados para la realización de esta investigación.

3.2.1. Materiales.

Para la ejecución del muestreo se emplearon los siguientes materiales:

- hielera (ice box)
- doce frascos de cristal color ámbar, de 1 L de capacidad
- papel aluminio (aluminum foil)
- bactericida (cloruro de mercurio, 10 mg/ml)
- vehículo 4x4
- frasco para toma de muestras de cierre automático (Kemmerer)
- libreta de campo.

3.2.2. Protocolo de muestreo.

Se hizo un muestreo mensual¹, tomando agua de la salida de los tubos de emisión de la estación de bombeo de caña camaronera en su estero correspondiente. La turbulencia habida en el momento de emisión provocó la mezcla del agua, razón de no tomar varias sub-muestras por sitio para homogenizarlas, sino solo una. Los procedimientos de muestreo, almacenaje, transporte y entrega de muestras de agua fueron realizados de acuerdo a las recomendaciones generales de toma de muestras de agua (Lee, 1995).

¹ Ver anexos 1, 2, 3, 4, y 5.

Para poder completar cada muestreo, fue necesario ejercer un recorrido a través de las diferentes localidades muestreadas durante un solo día. Para realizar la toma de muestras se emplearon los siguientes procedimientos:

1. **Preparación de la cristalería:** Se utilizaron frascos de vidrio color ámbar de 1 L de capacidad. Los frascos contenían un bactericida, 2 ml de solución de cloruro de mercurio (concentración de 10 mg/ml) para producir una concentración final de 10 mg/l de muestra. Se utilizó un sello de papel de aluminio en los tapones para evitar contaminación por el plástico de éstos.

2. **Etiquetación:** Se utilizó una cinta adhesiva de tipo impermeable y marcador indeleble. Se les agregó la etiqueta a los frascos contenedores de las muestras en el momento de arribar al sitio de muestreo, antes de muestrear. En la etiqueta se identificó solamente el nombre del sitio, pues sólo se recolectó una muestra por sitio.

3. **Registro:** en una libreta de campo se anotó, por cada muestra:

- Nombre del sitio
- Número correlativo (del 01 al 05)
- Fecha de recolección
- Hora de recolección
- Temperatura del agua
- Concentración de O_2 del agua
- Salinidad del agua
- Tipo de acuífero (cstero o río)

4. **Recolección:** para recolectar las muestras se utilizó un frasco muestreador de cierre automático, tipo Kemmerer, de vidrio, con 2 tapas (una en cada extremo del cilindro) de polímero fluorinado (politetrafluoroetileno, TFE).

1. El recolector se introdujo a la orilla del cuerpo de agua, ubicándose a 5 m (distancia horizontal), desde la descarga del bombeo hasta dentro del canal de abastecimiento de agua.

2. Ubicado firmemente, se esperó 30 segundos para evitar la introducción de sedimentos a la muestra (provocado por el movimiento de los pies del recolector sobre el lecho)

3. Al aparato recolector lo dejó introducirse hasta una profundidad de 50 cm en el agua; espero 5 segundos y dejó caer el peso activador del cierre del artefacto

4. Extrajo el artefacto para pasar la muestra de agua al frasco contenedor por medio de la válvula de descarga

5. El frasco en que se introdujo la muestra, que además contenía el bactericida, se tapó con un sello de papel aluminio antes de enroscar el tapón plástico, para evitar interferencias en el análisis por alteración de la muestra

6. Una vez tapado, se agitó por 15 segundos para mezclar el bactericida con la muestra

7. Se almacenaron en una hielera, se les agregó hielo y se les transportó.

Las recomendaciones del laboratorio fueron de entregar las muestras dentro de las 48 horas luego de la toma de éstas. Sin embargo, el Standard Methods for the examination of water, 1992, indica un máximo de 7 días post-recolección.

3.2.3. Análisis de Laboratorio.

A nivel de laboratorio se realizaron análisis para detectar residuos de pesticidas, específicamente el Método I de cromatografía de gases de extracción líquido-líquido (Greenberg et al., 1992). El principio de la cromatografía de gases se describe a continuación.

3.2.3.1. Procedimiento: los pesticidas fueron extraídos con una mezcla de solventes, éter dietílico/hexano; El extracto se concentró por evaporación; Los pesticidas individuales fueron determinados por cromatografía de gases. Conforme cada compuesto pasó a través de un detector, un cambio -cuantitativamente proporcional en la señal eléctrica- fue medido en el graficador (papel o monitor). En la gráfica el tiempo de retención era indicador de un pesticida en particular, y la altura y área del pico de eran proporcionales a su concentración.

NOTA: en lo posible, se deben extraer las muestras inmediatamente después de recibirlas en el laboratorio y almacenar los extractos a 4°C hasta ser analizados. Se deben analizar los extractos en un tiempo máximo de 40 días (Greenberg et al.1992).

3.2.4. Análisis de resultados.

En cada localidad se observaron tres parámetros:

1. Identificación de los productos detectados
2. Las concentraciones en que se encontraron los productos detectados
3. La fecha del muestreo en que se detectó residuos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados de los análisis realizados con las muestras de agua recolectadas tanto en el muestreo piloto como en los muestreos del monitoreo. Los resultados están por localidad de muestreo (5 sitios) y toman en cuenta:

- Ingrediente activo detectado (nombre común)
- Concentración detectada del ingrediente activo (I.A. en mg/L agua muestreada)
- Fecha de la detección (de Nov. de 1994 a Ago. de 1995).

4.1. ESTERO SAN BERNARDO

Como lo muestra la Fig. 4.1., en esta localidad se detectaron 0.8 mg/L de Parathion-M (Metil-paration) en el muestreo preliminar, de noviembre. Este producto es un organofosforado insecticida/acaricida, conocido en esta región como Folidol-M (Bayer) o Penncap-M (Pennwalt) y se usa para el control de ácaros e insectos chupadores y masticadores en melón y sandía. La concentración detectada no llega a los límites de tolerancia para vida acuática (Hartley et al. 1987), para que haya toxicidad en peces se deben alcanzar los 2.7 mg/L¹; su degradación es completa después de 24 horas, por la orina, en animales que le ingieran oralmente (Hartley et al. 1987)².

En el monitoreo de enero a agosto del '95, únicamente fueron detectados tres compuestos en el mes de enero: α -Endosulfan, Lindano y DDT-pp. El α -Endosulfan, detectado a 0.01 mg/L, es uno de los dos esteroisómeros que conforman (ca. 64-67%) el Endosulfan, insecticida/acaricida organoclorado usado en las meloneras bajo el nombre de Thiodan (Hoeschst, FMC). En animales que le ingieran oralmente, se degrada en α -hidroxicndosulfan y endosulfanidol, y se excreta en la orina, no se acumula ni en leche,

¹ Para mayor información sobre toxicidad de los pesticidas, ver anexo 1.

² Para mayor información sobre propiedades de los pesticidas, ver anexo 2.

grasa o carne. Es muy probable que los residuos de Endosulfan provengan de cultivos de melón, ya que está listado en el calendario de aplicaciones de tres meloneras de la región.

Lindano, detectado a 0.011 mg/L, es un organoclorado conocido como Gamexan (ICI). El Lindano es menos estable que otros hidrocarburos clorinados, y no es acumulativo, por lo que no constituye un peligro al entorno (Hartley et al. 1987), además, la toxicidad de Lindano para peces es de 0.16 a 0.3 mg/L y de 3.0 mg/L para ingestión humana.

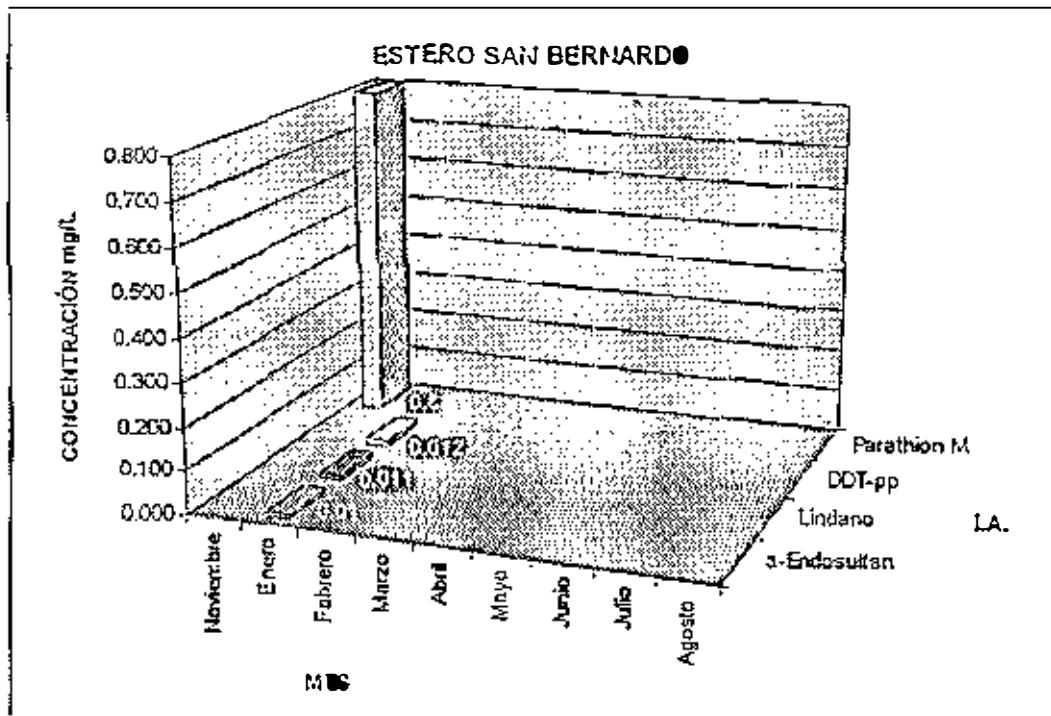


Fig. 4.1. Concentraciones de ingredientes activos (LA.) de pesticidas detectados durante el periodo de Nov. de 1994 a Ago. de 1995. Estación de bombeo #2 de la cunaranera Granjas Marinas, Estero San Bernardo, Cholufeca, Honduras.

Siempre en el análisis de enero, se detectaron 0.012 mg/L de DDT-pp; éste es uno de los dos isómeros que conforman (>70%) el DDT, insecticida organoclorado de alta persistencia que está prohibido en la región. Se cree que su presencia se deba al uso de insecticidas no registrados ingresados al país ilegalmente (Bustamante 1995) y/o a la acumulación de residuos adheridos al sedimento del agua; DDT fue utilizado legalmente

como control del mosquito vector de la malaria y como controlador de insectos de las plantaciones de algodón de la zona en los años 40-60. La concentración detectada no es tóxica como tal (Hartley et al. 1987), pero debido a su efecto acumulativo en la grasa animal podría ser perjudicial para algunos mamíferos en los que se acumule.

4.2. ESTERO PEDREGAL

Para el mes de enero fueron detectadas 0.01 mg/L de α -Endosulfan y 0.014 mg/L de DDT-pp. Ninguna de las dos detecciones llega a los límites de toxicidad de vida acuática (Hartley et al. 1987).

Carbofuran, un carbamato insecticida/acaricida/nematicida de contacto, fue detectado a 0.09 mg/L en el mes de febrero; en la región del sur de Honduras, conocido este producto como Furadan (FMC) o Curater (Bayer), se aplica a cultivos extensivos (frijol, maíz y caña de azúcar) e intensivos como hortalizas (excepto camas tratadas con bromuro de metilo, como en melón de exportación), para el control de insectos del suelo; la toxicidad en peces va de 0.24 a 0.28 mg/L en peces (Hartley et al. 1987), por lo que la concentración encontrada en esta ocasión no fue peligrosa. La presencia de Carbofuran podría ser debida a la lixiviación de este producto, popularmente usado en la primera etapa de los cultivos de la zona, de los suelos en donde se usa, ya que tiene una K_{oc} de 22 y por ende no es muy fijado en el suelo y se lava.

Propoxur a 0.04 mg/L se detectó también en febrero. El Propoxur es un insecticida del grupo de los carbamatos, conocido como Baygon (Bayer) usado en el control de insectos a nivel casero, y como Untlene (Bayer) en el control de la chinche salivosa o salivazo (*Aeneolamia sp.*) en caña de azúcar y pastizales. Propoxur es tóxico a peces desde los 3.7 mg/L. El origen de este i.a. pueden ser las aplicaciones en cañeras de la zona.

En abril fue observada la presencia de 2,4-D a razón de 0.2 mg/L. En Centro América se conoce con el nombre de Hedonal (Baycr); éste es un herbicida del grupo fenóxido, usado para el control de malezas de hoja ancha anuales, perennes y arbustos leñosos, en caña de azúcar es utilizado como control post-emergente de hojas anchas, y en estanques de camaroneras para eliminar malezas acuáticas, también de hoja ancha. La formulación de concentrado emulsificable (éster) es tóxica a la vida acuática a 1.1 mg/L, sin embargo, su degradación total en animales acuáticos es en 12 horas aproximadamente (Hartley et al. 1987).

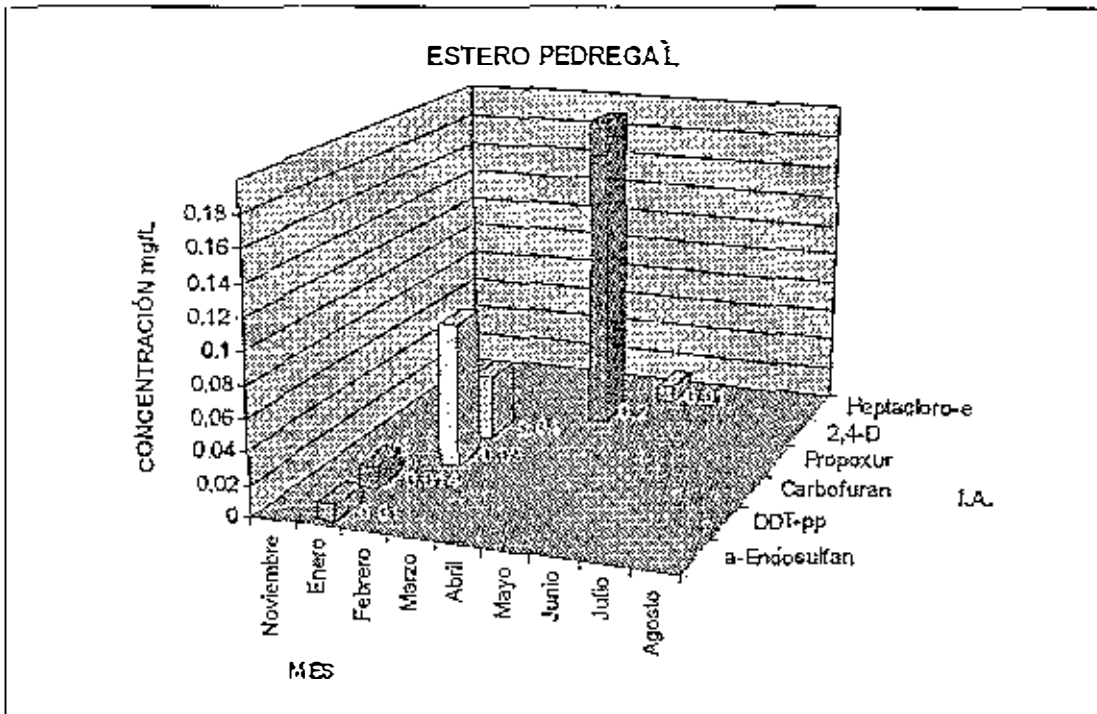


Fig. 4.2. Concentraciones de ingredientes activos (I.A.) de pesticidas detectados durante el período de Nov. de 1994 a Ago. de 1995. Estación de bombeo #1 de la camaronera Granjas Marinas, Estero Pedregal, Choluteca, Honduras.

En mayo, ya iniciada la temporada de lluvia, se detectaron 0.01 mg/L de Heptacloro epóxido (Fig. 4.2.), un metabolito del Heptacloro encontrado en tejido, heces y orina animal. El Heptacloro es un insecticida organoclorado de contacto usado para el tratamiento de insectos del suelo. Su toxicidad en peces va desde los 0.25 mg/L hasta los

0.017 mg/L; según el Agrochemicals Handbook (1990), existe una fuerte tendencia de que el epóxido se acumule en la grasa corporal de los animales

4.3. RÍO NACAOME (MONTE LIBANO)

Como se observa en la Fig. 4.3., en el río Nacaome se encontró presencia de Lindano a 0.018 mg/L y DDT-pp a 0.029 mg/L en el mes de Enero. Dichas concentraciones son tolerables, ya que los máximos permisibles para vida acuática son de 3 mg/L para Lindano y de 1 mg/L para el DDT-pp (Hartley et al. 1987).

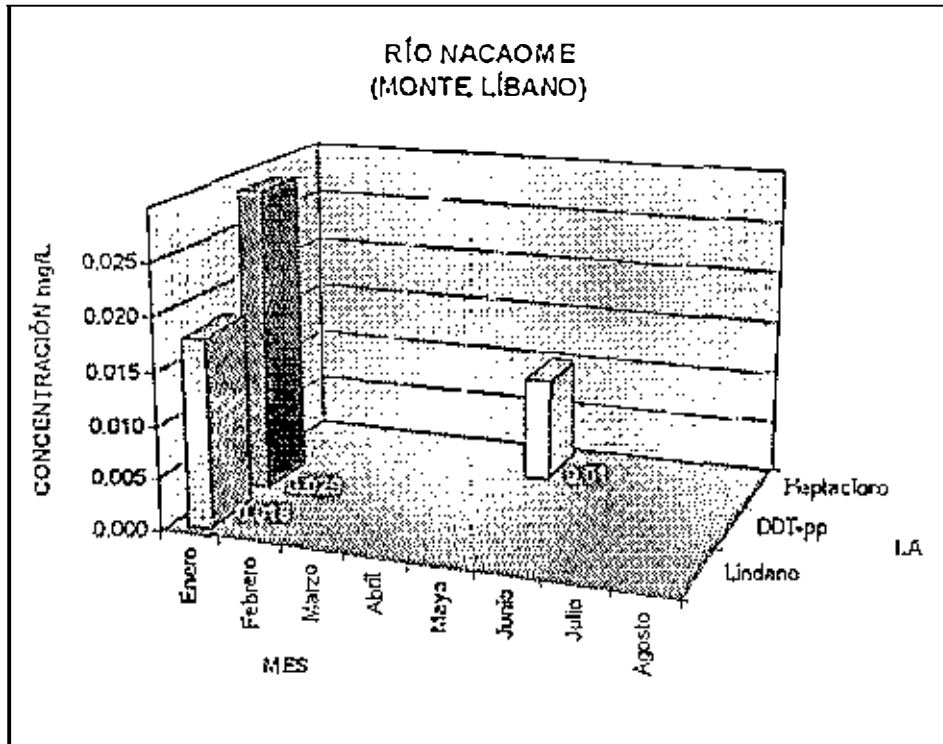


Fig. 4.3. Concentraciones de ingredientes activos (i.a.) de pesticidas detectados durante el período de Ene. a Ago. de 1995. Estación de bombeo de la melonera Monte Libano, Río Nacaome, Valle, Honduras.

Por último, se detectó una concentración de 0.01 mg/L de Heptacloro en el mes de mayo, la cual tampoco es tóxica a los peces debido que su nivel tolerable es de 0.1 mg/L (Hartley et al. 1987).

4.4. RÍO NACAOME (ICASUR)

La localidad ICASUR del río Nacaome, ubicada aguas abajo de la melonera Monte Libano, presentó cuatro productos en el mes de enero, α -Endosulfan, β -Endosulfan¹ y DDT-pp a 0.01 mg/L, y Lindano a 0.012 mg/L. Para el mes de abril, Quinomethionate a 0.32 mg/L, 2,4-D a 0.23 mg/L y Diallate a 1.4 mg/L, fueron detectados. Lindano, a 0.01 mg/L, apareció en el análisis de mayo. β -Endosulfan se encontró en la muestra de junio, a 0.03 mg/L (Fig.4.4.).

Quinomethionate es un fungicida/acaricida de contacto perteneciente a la familia de las quinoxalinas, su nombre comercial más común es Morestan (Bayer); es utilizado en cucurbitas como melón, pepinillo y sandía para el tratamiento de mildew polvoso. Su toxicidad en peces es de 0.22 mg/L, por lo que la concentración encontrada está cerca de ser letal (Hartley et al. 1987).

Diallate es un herbicida de la familia de los carbamatos, usado para el control de gramíneas en soya y maíz; su toxicidad en peces es de 5.9-7.9 mg/L (Hartley et al. 1987). Se necesitaría aumentar, como mínimo, en 4.2 veces la concentración detectada para que ésta fuese tóxica.

Según el Agrochemicals Handbook de 1990, la concentración de 2,4-D detectada (0.23 mg/L) está por debajo del límite de toxicidad para peces, ya sea que éste se encuentre como ácido (límite 1.1 mg/L) o como sal dimetilamónica (límite 100 mg/L).

¹ β -Endosulfan es el otro estereoisómero, junto al α -Endosulfan, que conforma (ca. 29-32%) el ingrediente activo Endosulfan.

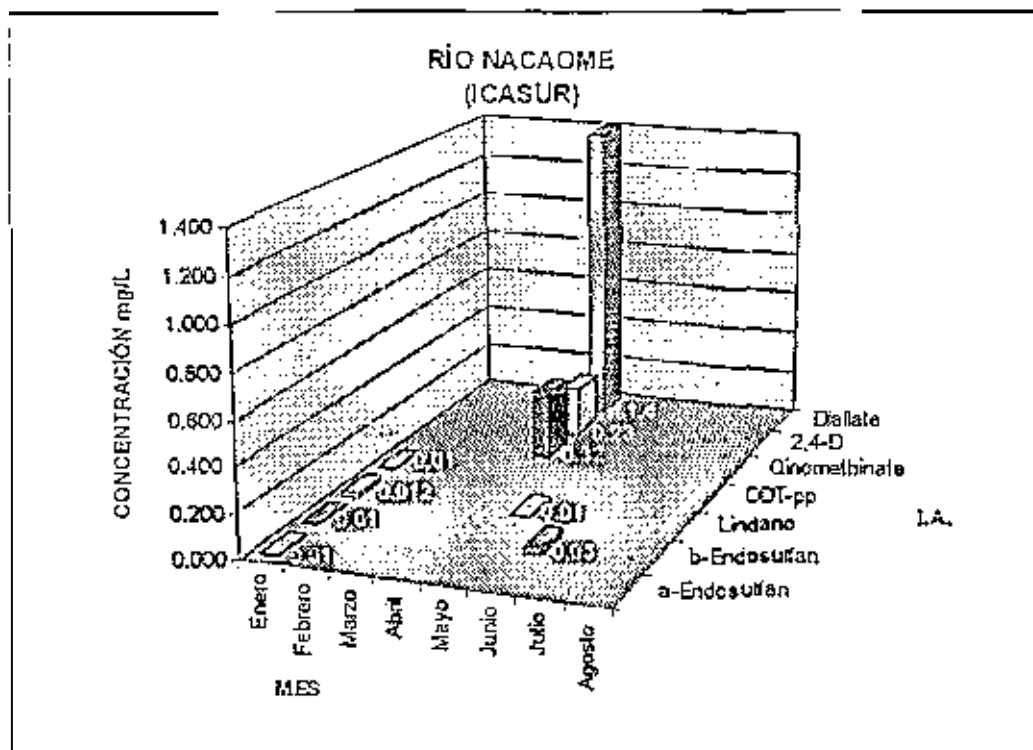


Fig. 4.4. Concentraciones de ingredientes activos (I.A.) de pesticidas detectados durante el período de Ene. a Ago. de 1995. Estación de bombeo de la camaronera ICASUR, Río Nacaome, Valle, Honduras.

4.5. RÍO CHOLUTECA

En este río se detectó la presencia de cinco productos, Diallate, Carbofuran, Propiconazole, Heptacloro epóxido y β -Endosulfan. Carbofuran a 9.23 mg/L y Propiconazole a 1.79 mg/L, en Febrero. Para Abril, Diallate a 2.8 mg/L y Heptacloro epóxido a 0.26 mg/L. Finalmente, en Agosto se detectó β -Endosulfan a 0.03 mg/L (Fig. 4.5.).

Propiconazole, o Tilt (Ciba-Geigy) como se le llama comercialmente, es un fungicida foliar sistémico de la familia de los triazoles. Tilt es usado en cultivos de banano de exportación en la costa norte de Honduras; no se puede acertar exactamente cual sea el origen de este producto en el Río Choluteca, pues no existen plantaciones de banano en

la cuenca del río. Se necesitan 20 mg/L para causar toxicidad en peces (Hartley et al., 1987). Este producto está siendo estudiado como posible causante de mortalidad juvenil en camarones, debido al efecto negativo sobre el exoesqueleto de dichos organismos, sin embargo, aun no se conocen las posibles concentraciones perjudiciales.

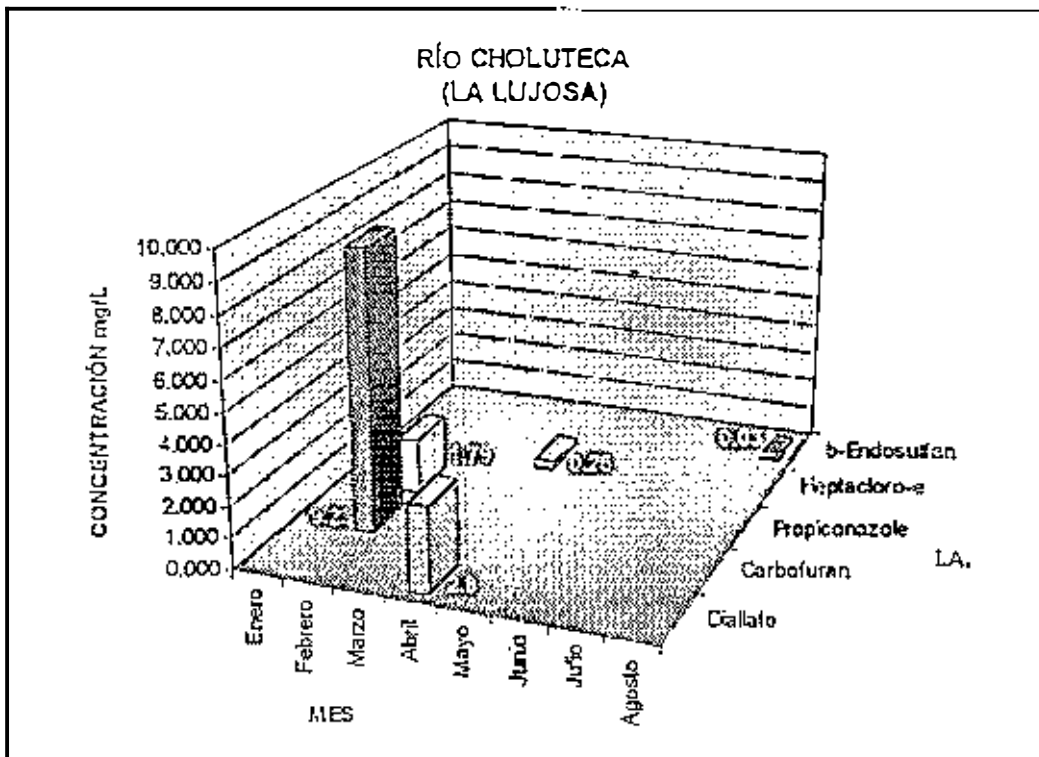


Fig. 3.4. Concentraciones de ingredientes activos (I.A.) de pesticidas detectados durante el periodo de Enero a Agosto de 1995. Estación de bombeo de los campos del lab. La Lujosa, Río Choluteca, Choluteca, Honduras.

La concentración de Carbofuran detectada en la muestra de Febrero (9.23 mg/L) es casi 40 veces más alta que la concentración letal media para peces, 0.23 mg/L (Hartley et al. 1987); esta detección es la más tóxica, comparada con las demás del monitoreo, para la vida acuática.

En cuanto al Diallate detectado en Abril (2.8 mg/L), se necesitaría un poco más del doble (5.9 mg/L) para llegar a una concentración letal (Hartley et al. 1987).

Respecto a la concentración observada de Heptacloro epóxido en Abril (0.26 mg/L), es el doble (0.13) de la concentración letal para peces (Hartley et al. 1987). Esta detección y la de Carbofuran del mes de Febrero fueron las dos únicas concentraciones letales para la vida acuática de todo el monitoreo, de acuerdo a las toxicidades del Agrochemicals Handbook de 1990.

4.6. DATOS CLIMATOLÓGICOS

El patrón climático de las localidades muestreadas se ilustra en los anexos 8 para lluvia, y 9 para temperatura.

En promedio, hay 1300 mm de agua al año en la zona monitoreada. La precipitación pluvial se presenta en tendencias similares entre las tres estaciones climatológicas consultadas: Estación San Bernardo, que cubre a los esteros San Bernardo y Pedregal; Estación Nacaome, para el Río Nacaome (sitios Monte Libano e ICASUR); y Estación La Lujosa, cubriendo al Río Choluteca en los campos del Laboratorio La Lujosa. Los datos son promediados a diez años de observación, desde 1984 hasta 1994. Existen precipitaciones promedio mensuales desde los 16 mm hasta 0 para los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. Mientras en el mes de Abril se inician lluvias promedio mensuales entre los 35 y 47 mm, dando paso a la primera etapa de la temporada de lluvia, la cual alcanza sus mayores registros entre los meses de Mayo y Junio (de 225 a 300 mm). El flujo pluvial llega a reducirse hasta los 90 mm, aproximadamente durante el mes de Julio. Finalmente, la segunda etapa de la temporada lluviosa alcanza sus mayores precipitaciones en los meses de Septiembre y Octubre con lluvias que llegan a superar los 400 mm por mes (Anexo 8).

Se debe considerar el aumento de las precipitaciones durante el año, puesto que consecuentemente aumenta el caudal de agua de los acuíferos, lo que implica un mayor

volumen del solvente (agua diluyendo químicos) y probablemente, menores concentraciones de pesticidas en éste.

El patrón de temperatura media de la zona durante el año es relativamente estable en cuanto a variabilidad de un mes a otro. Las temperaturas mensuales medias más bajas se registran durante el periodo de Septiembre a Diciembre, oscilando éstas entre los 26.6° y 30° C; Mientras que las medias mensuales más altas se registran en el mes de abril, previo al inicio del periodo lluvioso, y oscilan entre 31° y 31.6° C (Anexo 9).

Se observó que las detecciones más tóxicas (Carbofuran y Heptacloro, en el Río Choluteca) ocurrieron en los meses de Febrero y Abril, cuando las precipitaciones andan entre los 15 y 50 mm/mes. Probablemente se detectaron concentraciones altas debido al bajo volumen de los acuíferos, consecuencia de las escasas y pequeñas precipitaciones.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Once diferentes ingredientes activos (i.a.) de pesticidas orgánicos sintéticos fueron detectados durante el monitoreo de las localidades en el sur de Honduras, de Nov. de 1994 a Ago. de 1995. Entre éstos, cuatro organoclorados, tres carbamatos, un organofosforado, un fenóxido, un triazol, y un quinoxalino. No se detectaron residuos en las muestras tomadas en los meses de Marzo y Julio de 1995.

2. Cinco de los i.a.'s detectados están en los listados de plaguicidas utilizados por meloneras y cañeras de la región (2,4-D; Endosulfan; Carbofuran; Parathion M; y Propoxur). Todos éstos son de uso legal en Honduras y sólo dos, Parathion M y Propoxur no tienen permiso de la EPA (hasta Enero, 1995) para aplicarse en cultivos de exportación.

3. DDT-pp (uso restringido) fue el i.a. detectado en más localidades (4) y en la misma fecha (mes de Enero). Las concentraciones de DDT detectadas fueron de 0.01 a 0.029 mg/L.

4. Heptacloro fue el único i.a. detectado en dos meses seguidos (Abril y Mayo, 1995).

5. Dos i.a.'s fueron encontrados en concentraciones tóxicas a la vida acuática. Carbofuran a 9.23 mg/L (límite 0.24 mg/L, Hartley 1987) y Heptacloro (uso restringido) a 0.26 mg/L (límite 0.078-0.130 mg/L, Hartley 1987), ambos en el Río Cholureca. Según la Organización Mundial de la Salud, ninguna concentración como las detectadas es perjudicial a la salud humana.

6. Las concentraciones más tóxicas (apartado anterior) fueron detectadas en los meses de Febrero y Abril, durante la temporada seca (lluvias < 50 mm/mes) con temperaturas medias diarias entre los 29° y 32° C. Este período coincide con la época del cultivo de hortalizas como melón y sandía, pero solo uno de los productos (Carbofuran) es usado en las meloneras hondureñas.

7. Los datos muestran la presencia de diferentes plaguicidas en nueve meses, pero no se observó una tendencia en cuanto a frecuencia en el tiempo de estos residuos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar el programa de monitoreo de plaguicidas en el sur de Honduras, con especial atención al muestreo ininterrumpido de las localidades muestreadas en este estudio, para acumular suficientes datos y así poder hacer inferencias estadísticas que determinen tendencias en cuanto a las frecuencias en tiempo y a la concentración de los plaguicidas.

2. Implementar el uso de discos de extracción de membrana porosa (e.g. Empore™, 3M) para facilitar el transporte y mejorar la preservación de las muestras de agua.

3. Realizar un análisis comparativo entre los resultados de análisis de los dos laboratorios de plaguicidas de Honduras (CESCCO y FHIA) y los de un laboratorio en el extranjero (Europa o EE.UU.) recomendado por el patrocinador del proyecto.

4. Llevar un monitoreo paralelo al de agua, que analice concentraciones de plaguicidas en tejidos animal y vegetal de determinada(s) especie(s) y en el sedimento de los acuíferos muestreados en el monitoreo original.

6. RESUMEN

La contaminación del agua por plaguicidas ya es un problema serio en varios ecosistemas acuáticos en el mundo. Se sabe muy poco respecto a cuántos, cuales y cómo se encuentran los plaguicidas orgánicos sintéticos en los acuíferos de Honduras. Siendo la región sur del país un área de alto crecimiento agroproductivo, era necesario presentar un informe del estado actual del agua, en cuanto a la contaminación por plaguicidas respecta, ya que es ésta (agua) uno de los principales recursos naturales de los que dispone la zona.

Cinco localidades (ubicadas en dos esteros y dos ríos) fueron monitoreadas para determinar la presencia de residuos de plaguicidas. Se recolectó 1 muestra/mes de 1 L a 0.5 m de profundidad en el agua de una estación de bombeo de cada localidad (3 camaroneras y 2 agrícolas), durante el periodo de Noviembre de 1994 a Agosto de 1995. Se realizaron análisis de cromatografía de gases para tres grupos de pesticidas: organoclorado, organofosforado y carbamato.

Se encontró la presencia de 11 ingredientes activos, 4 organoclorados, 3 carbamatos, un organofosforado, un fenóxido, un triazol, y un quinoxalino. Cuatro de éstos no están legalizados en Honduras. Seis están listados en los programas de aplicaciones de las agroproductoras del sur de Honduras.

Se detectó Carbofuran a 9.23 mg/L (concentración tóxica a peces) en la muestra del Río Choluteca en Febrero de 1995. Carbofuran (Furadan), usado legalmente en Honduras, tiene permiso de la EPA en cultivos de melón. En la misma localidad, en Abril de 1995, se encontró Heptacloro a una concentración de 0.26 mg/L (tóxica a peces). Heptacloro no es legal en Honduras. Todas las demás concentraciones de pesticidas están bajo los límites publicados de tolerancia de la vida acuática.

7. LITERATURA CONSULTADA

- BECKER, R. L.; HERZFELD, D.; OSTILE, K. R.; STAMM-KATOVICH, E. J. 1989. Clean water, you can make a difference; Pesticides: surface runoff, leaching, and exposure concerns University of Minnesota, MN, USA. p.1-3.
- BEHL, E.; EDEN, C. A. 1991. Field-scale monitoring studies to evaluate mobility of pesticides in soils and groundwater American Chemical Society, Washington, D.C. p. 27-46.
- BOYD, C. E. s.f. Investigation of the suspected pesticide problem affecting shrimp farms in the Gulf of Guayaquil. p. 43-49.
- BUSTAMANTE, M. 1995 Cátedra de Manejo de Agroquímicos; Programa de Ingeniero Agrónomo (PIA). Depto. de Protección Vegetal. EAP, Zamorano, Honduras. s.p.
- CUBILLOS, Z. A. 1988. Calidad del agua y control de la polución. CIDIAT, Mérida, Venezuela. Serie: ambiente y recursos naturales renovables. p. 3-46.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. 1978 Water in environmental planning. Freeman. 818p.
- EPA (CINCINNATI). 1971. Method for Organic Pesticides in Water and Wastewater. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. p. 62.
- EPA (WASHINGTON). 1982. Pesticide Assessment Guidelines; Subdivision N. Chemistry: Environmental Fate. Washington, D. C. EPA-540/9-82 p. 021.
- _____. 1986. Pesticides in Ground Water: Background Document. Washington, D. C. 136 p.
- _____. 1987. Agricultural Chemicals in Ground Water: Proposed Pesticide Strategy. OPTS. 30 p.
- _____. 1990. Pesticides Industry Sales and Usage, 1988 Market Estimates. OPTS, Washington, D. C. p. irr.
- _____. 1991. EPA's pesticide programs. OPTS/OPP, Washington D. C. 25 p.
- FAO (ROMA). 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnología, economía y gestión. ONU, Roma. p. 47-48.

- FDA (WASHINGTON). 1968 (rev. 1978). Pesticide Analytical Manual. 2 ed. U. S. Dep. Health, Education & Welfare. Washington, D. C. p.113-116.
- GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18 ed. American public health association, Washington, D. C. p. 6.101-6.107.
- HARTLEY, D.; KIDD, H. 1987. The Agrochemicals Handbook. 2 ed. The Royal Society of Chemistry. Nottingham, U.K. p.irr.
- HOLDEN, P. H. 1986. Pesticides and Ground-Water Quality: Issues and Problems in Four States. National Academy Press. Washington, D. C. p. 1-124.
- LEE, M. 1994. Cátedra de protección de recursos naturales: protección de cuencas; Programa de Ingeniero Agrónomo (PIA). Depto. de RRNN y CB. EAP, Zamorano, Honduras. s.p.
- MEYER, D.E. 1994. Research Contract Proposal; International Atomic Energy Agency. EAP, Zamorano, Honduras. 9 p.
- MOYE, H. A.; ALI, T.; ANDERSON, A.; TOLSON, J. K. s.f. The stability of pesticides on 3M corporation emporTM extraction disks. Pesticide research lab. University of Florida. Gainesville, Fla. p.irr.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1987. Regulating Pesticides in Food: The Delaney Paradox. National Academy Press. Washington, D. C. 420 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Alternative Agriculture. National Academy Press. Washington, D. C. 85 p.
- NORRIS, L. A. 1971. Chemical brush control: assesing the hazard. Journal of Forestry. v. 69, p. 715-720.
- ODUM, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. Saunders, Philadelphia. 574 p.
- PRIMER SEMINARIO CENTROAMERICANO SOBRE EL AMBIENTE FÍSICO Y EL DESARROLLO. (1971, Antigua Guatemala, Gua.). Ed. por Guevara, J. Antigua Guatemala, Gua. ICAITI. p. 158-164.
- PROGRAMA DE APLICACIONES DE AGROQUÍMICOS DE FINCA STA. ROSA. (1995, Choluteca, Hon.). Recopilado por Chavarría, J. Depto. de Protección Vegetal. Zamorano, Honduras. s.p.

TABLA: MAXIMA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES TOLERABLE EN CAMARUCULTURA. (1995, EAP, Zamorano, Hon.). Recopilado por Aceituno, C. Depto. de Ciencias Básicas, Proyecto de Acuicultura. Zamorano, Honduras. s.p.

VERGNE, P.; HARDIN, M.; DeWALT, B. 1993. Environmental study of the Gulf of Fonseca Tropical research and development, Inc. p. 33-99.

WOODWELL, G. M.; WURSTER, C. F.; ISAACSON, P. A. 1967. DDT residues in an eastcoast estuary: a case of biological concentration of a persistent insecticide. Science. v.156, p. 821-824.

8. Anexos

Anexo L Calendario de muestreos de la localidad San Bernardo.
Estero San Bernardo, Choluteca, Honduras.

FECHA DE MUESTREO	ENTREGA ALLAN	HORA DE MUESTREO	PRODUCTOS DETECTADOS	CONCENTRACION ppm (mg/L)
03/11/94	11/04/94	N.R.	Parathion-M	0.8
27/01/95	30/01/95	09:55 AM	α -Endosulfan Lindano DDT-pp	0.01 0.011 0.012
16/02/95	17/02/95	11:10 AM	N.D.	0
16/03/95	17/03/95	10:55 AM	N.D.	0
31/03/95	04/01/95	07:00 AM	N.D.	0
26/05/95	29/05/95	09:00 AM	N.O	0
06/07/95	10/07/95	08:10 AM	N.D.	0
27/07/95	28/07/95	05:20 PM	N.D.	0
10/08/95	14/08/95	08:00 AM	N.D.	0

N.R. = no registrada

N.D. = no detectado

Anexo 2. Calendario de muestreos de la localidad Pedregal,
Estero El Pedregal, Choluteca, Honduras.

FECHA DE MUESTREO	ENTREGA AL LAB	HORA DE MUESTREO	PRODUCTOS DETECTADOS	CONCENTRACION ppm (mg/L)
03/11/94	11/04/94	N.R.	N.D.	0
27/01/95	30/01/95	09:40 AM	α -Endosulfan DDT-pp	0.01 0.014
16/02/95	17/02/95	10:45 AM	Carbofuran Propoxur	0.09 0.04
16/03/95	17/03/95	10:30 AM	N.D.	0
31/03/95	01/04/95	06:45 AM	2,4-D	0.2
26/05/95	29/05/95	09:15 AM	Heptaclo epoxido	0.01
06/07/95	10/07/95	08:30 AM	N.D.	0
27/07/95	28/07/95	05:00 PM	N.D.	0
10/08/95	14/08/95	08:30 AM	N.D.	0

N.R. = no registrada

N.D. = no detectado

Anexo 3. Calendario de muestreos de la localidad Monte Libano,
Río Nacaome, Valle, Honduras.

FECHA DE MUESTREO	ENTREGA AL LAB	HORA DE MUESTREO	PRODUCTOS DETECTADOS	CONCENTRACION ppm (mg/L)
26/01/95	30/01/95	02:20PM	Lindano DDT-pp	0.018 0.029
16/03/95	17/03/95	07:45 AM	N.D.	0
31/03/95	04/01/95	10:40AM	N.D.	0
26/05/95	29/05/95	02:40PM	Heptacloro	0.01
07/07/95	10/07/95	02:10 PM	N.D.	0
28/07/95	28/07/95	08:00AM	N.D.	0
11/08/95	14/08/95	10:30AM	N.D.	0

N.D. = no detectado

Anexo 4. Calendario de muestreos de la localidad ICASUR.
Río Nacaome, Valle, Honduras.

FECHA DE MUESTREO	ENTREGA AL LAB	HORA DE MUESTREO	PRODUCTOS DETECTADOS	CONCENTRACION ppm (mg/L)
26/01/95	30/01/95	02:50PM	α -Endosulfan β -Endosulfan DDT-pp Lindano	0.01 0.01 0.01 0.012
18/03/95	17/03/95	08:30AM	N.O.	0
31/03/95	01/04/95	11:00 AM	Quinomethinate 2,4-D Diallate	0.32 0.23 1.4
26/05/95	29/05/95	03:00 PM	Lindano	0.01
07/07/95	10/07/95	02:30PM	β -Endosulfan	0.03
28/07/95	28/07/95	08:20 AM	N.D.	0
11/08/95	14/08/95	09:00AM	N.D.	0

N.D. = no detectado

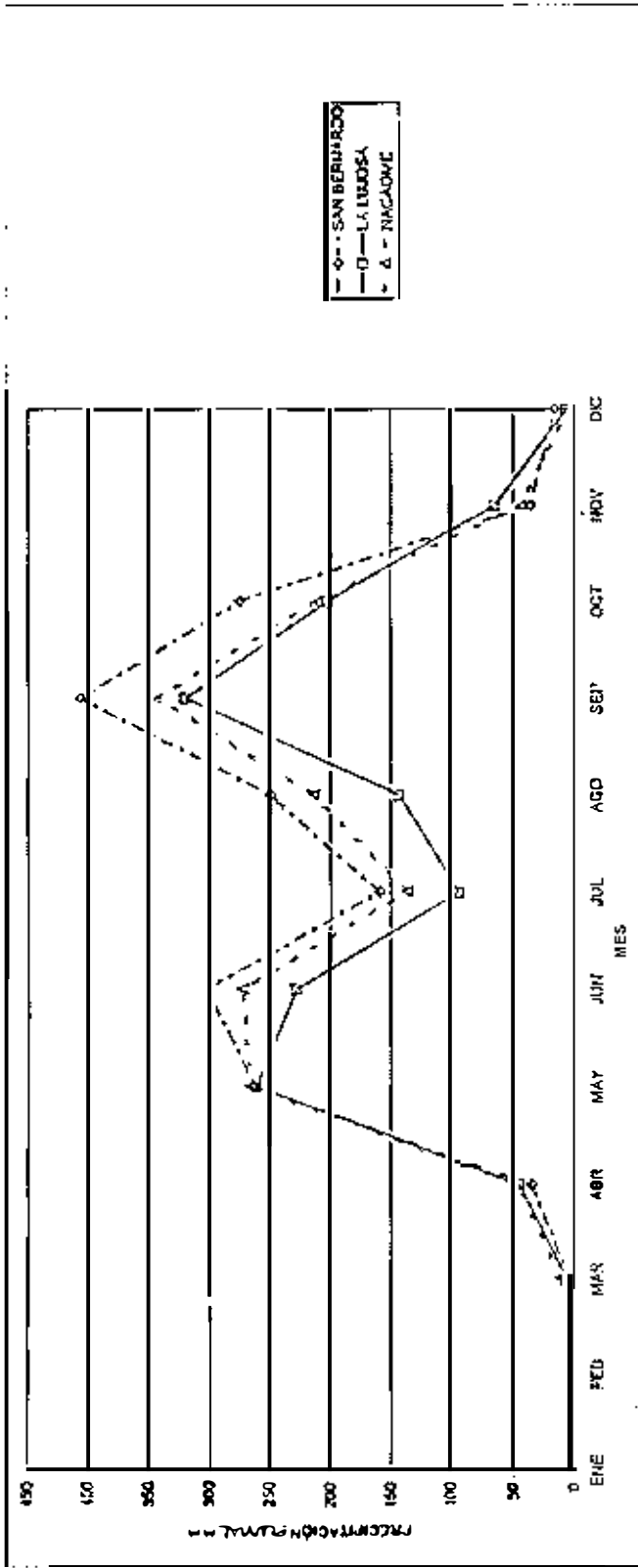
Anexo5. Calendario de muestreos de la localidad Río Choluteca.
Río Choluteca, La Lujosa, Choluteca, Honduras.

FECHA DE MUESTREO	ENTREGA AL LAB	HORA DE MUESTREO	PRODUCTOS DETECTADOS	CONCENTRACION ppm (mg/L)
03/11/94	11/04/94	N.R.	N.D.	0
16/02/95	17/02/95	04:00PM	Carbofuran Propiconazole	9.23 1.79
15/03/95	17/03/95	01:50 PM	N.D.	0
31/03/95	04/01/95	09:50 AM	Diallate Heptaclo epxido	2.8 0.25
26/05/95	29/05/95	12:55 PM	N.D.	0
07/07/95	10/07/95	01:00 PM	N.D.	0
27/07/95	28/07/95	12:45 AM	N.D.	0
10/08/95	14/08/95	02:00 PM	β -Endosulfan	0.03

N.R. = no registrada

N.D. = no detectada

Anexo 8. Datos de precipitación pluvial mensual de tres estaciones climatológicas del sur de Honduras, promedio en 10 años (1984-1994).
 Depto. de Hidrología y Climatología de la Secretaría de Recursos Naturales, Honduras.



Anexo 9. Datos de temperatura media mensual de tres estaciones climatológicas del sur de Honduras, promedio en 10 años (1984-1994).
 Depto. de Hidrología y Climatología de la Secretaría de Recursos Naturales, Honduras.

