

**RESIDUOS Y PERSISTENCIA DE INSECTICIDAS
ORGANOCOLORADOS; SU RELACION CON FACTORES
FISICOS Y QUIMICOS EN SUELOS DE LA
REGION PAPERA DE COAHUILA Y NUEVO LEON**

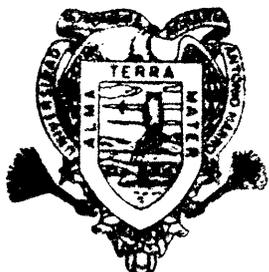
JAVIER SALOMON TORRES ARREGUIN

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**



**BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.N.**



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 2001

13527

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

RESIDUOS Y PERSISTENCIA DE INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS:
SU RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS EN SUELOS DE LA
REGIÓN PAPERERA DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN

TESIS

POR

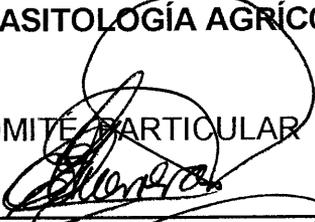
JAVIER SALOMÓN TORRES ARREGUÍN

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial , para obtener el grado de :

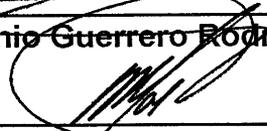
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

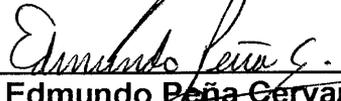
Asesor principal: _____


Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor: _____

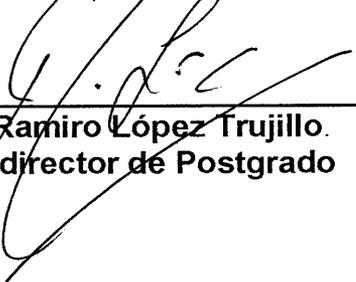

Dr. Mario García Carrillo.

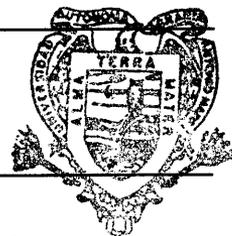
Asesor: _____


Dr. Edmundo Peña Cervantes.

Asesor: _____


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa.


Dr. Ramiro López Trujillo.
Subdirector de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REYES
BANCO DE
U.A.A.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, diciembre de 2001

13527

AGRADECIMIENTOS

A mi querida Alma Terra Mater por las oportunidades que siempre me ha brindado sin condición alguna.

Al Departamento de Parasitología Agrícola, a todo su personal académico y administrativo por el trato y total apoyo que siempre recibí .

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez maestro y amigo de excelencia por su decidido apoyo al presente trabajo.

Al Dr. Mario García Carrillo quien que por su culpa descubrí un interesantísimo campo del suelo.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes maestro y compañero del departamento de suelos por sus atinadas observaciones del trabajo y su disposición a ayudarme.

Al Dr. Víctor Zamora Villa por su preocupación y asesoría en el análisis estadístico implementado para la discusión de la tesis.

A Edilberto Cruz Cruz por su gran apoyo en el desarrollo del trabajo, así mismo por su ejemplo de paciencia y ecuanimidad.

Al Dr. Sergio Equihua Rodríguez por haberme proporcionado las instalaciones del laboratorio a su cargo haciendo posible la realización de este trabajo.

A las laboratoristas Martha Alicia Jaramillo Sánchez y Martha Alicia Arriaga García por su valiosa cooperación , disponibilidad y generosidad para el trabajo.

A mis inolvidables compañeros de generación Homero Sánchez Galván, Ricardo Flores Canales, Luis Guevara Acevedo, Manuel Balderas, Óscar Galván, Fabián Martínez Delgado, Osvaldo Ramos Vergara.

DEDICATORIA

A Dios porque sin él no sería nadie.

A un ángel que desde 1980 nos ha cuidado a todos desde el cielo, mi hermana Chuchita.

A mis hijos, estrellas que alumbran mi horizonte.

A Silvia por su paciencia y amor.

A mis Papás ejemplos de toda una vida.

A mis hermanos: Jorge, Rocío, Ángeles, Susana y Pilar con todo mi amor.

A Fede, Guiños, Julián y Pepe por su verdadera amistad.

COMPENDIO

Residuos y persistencia de insecticidas organoclorados: su relación con factores físicos y químicos en suelos de la región papera de Coahuila y Nuevo León.

POR:

JAVIER SALOMÓN TORRES ARREGUIN

MAESTRÍA EN

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

BUENAVISTA, COAHUILA, DICIEMBRE 2001.

DR. EUGENIO GUERRERO RODRÍGUEZ -Asesor-

Palabra clave: Persistencia de organoclorados, toxicología, residuos, relación físicos y químicos.

En el presente estudio se consideró determinar la presencia y cantidad de residuos de insecticidas organoclorados y su relación con algunos parámetros físicos y químicos del suelo.

Se detectaron los siguientes insecticidas organoclorados y / o isómeros de los mismos; α - HCH, δ -HCH, endrin, endrin cetona, α - endosulfan, β - endosulfan, DDT, DDD, DDE y metoxicloro.

El metabolito con mayores concentraciones fue el DDD con 53.24 ng g^{-1} en el estrato 0-20, el DDT con 8.65 ng g^{-1} en el mismo horizonte. Los isómeros α -HCH y δ -HCH con 17.74 y 9.63 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El endrin y endrin cetona con 10.54 y 6.04 ng g^{-1} en el estrato 20-40 el α - endosulfan y β - endosulfan con 1.41 y 0.62 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El metoxicloro con 4.63 ng g^{-1} en el estrato 20-40. La mayor retención de organoclorados a excepción del DDT se registro en el horizonte 20-40.

El δ -HCH y el endrin se asocian con materia orgánica. El α - endosulfan , β - endosulfan y DDE se asocian con densidad aparente en particular con el limo.

El α - HCH y DDD se asocian con altos contenidos de arcilla y capacidad de intercambio catiónico. El endrin cetona y metoxicloro se asocian con carbonatos y pH.

ABSTRACT

Residues and persistence of insecticides organochlorine: it's relationships with physic and chemistry factors in soils in the potatoes area of Coahuila and Nuevo León.

BY:

JAVIER SALOMÓN TORRES ARREGUÍN

MASTER IN SCIENCE

AGRÍCULTURAL PARASITHOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

BUENAVISTA, COAHUILA, DECEMBER 2001.

EUGENIO GUERRERO RODRÍGUEZ -Advisor-

Key words: Persistence of organochlorine, toxicology, residues, relationships
physic and chemistry .

In the present study was considered check the presence and amount of residues of insecticides organochlorine and it's relationships with some physics and chemistry parameters of the soil.

It's detect the following insecticides organochlorines and/or isomer of the same; α - HCH, δ -HCH, endrin, endrin cetone, α - endosulfan, β - endosulfan, DDT, DDD ,DDE and metoxicloro.

The metabolite with greatest concentration was the DDD with 53.24 ng g^{-1} in the thick 0-20, the DDT with 8.65 ng g^{-1} in the same thick. The isomers α - HCH and δ -HCH with 17.74 and 9.63 ng g^{-1} in the thick 20-40. The endrin and endrin cetone with 10.54 and 6.04 ng g^{-1} in the thick 20-40. The α - endosulfan and β - endosulfan with 1.41 and 0.62 ng g^{-1} in the thick 20-40. The metoxicloro with 4.63 ng g^{-1} in the thick 20-40. The greatest retention of the organochlorines to exception of the DDT it's registered in the tick 20-40.

The δ -HCH and the endrin they are in association with organic matter . The α - endosulfan , β - endosulfan and DDE they are in association with apparent density in particular with the loam.

The α - HCH y DDD they are in association with heights amounts of clay and cationic interchange capacity. The endrin cetone and metoxicloro they are in association with carbonates and pH.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
La Contaminación por Químicos	4
La Contaminación por Plaguicidas	5
Suelo	7
Vegetales	9
Agua	10
La Contaminación por Organoclorados	12
Suelo	13
Agua	15
Vegetales	16
Problemas Derivados de la Presencia de Organoclorados en el Medio Ambiente	17
Hombre	17
Plantas	17
Animales	18
Degradación de Organoclorados	18
Biodegradación	18
Fotodegradación	26
Movimiento de Plaguicidas	29
Extracción de Plaguicidas	31
MATERIALES Y MÉTODOS	33
Ubicación del área de Estudio	33
Muestreo de Suelos	34
Preparación de las Muestras	35
Método Soxhlet	35
Etapa de extracción	36
Etapa de concentración	36
Etapa de limpieza	36
Etapa de concentración	37
Etapa de análisis de las concentraciones	38
Equipo utilizado	43
Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo	43
Análisis Estadístico	44

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
Caracterización de los Suelos	47
Residuos de Organoclorados en el área de Estudios	49
Relación entre Organoclorados y Propiedades Físicas y Químicas del Suelo	52
Asociación entre Organoclorados y su Persistencia en Suelos.	64
CONCLUSIONES	66
RESUMEN	68
LITERATURA CITADA	70
APÉNDICE	77

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
3.1 Determinaciones físicas y químicas del suelo	43
4.1 Propiedades físicas y químicas de suelos estudiados.....	48
4.2 Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos en cuatro localidades de la región papera de Coahuila y Nuevo León. (ng g ⁻¹)....	51
4.3 Rangos y medias regionales de residuos de insecticidas organoclorados en suelos de la Comarca Lagunera, México.	52
4.4 Coeficientes de correlación de cada variable con los 5 primeros Componentes Principales.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
2.1 Conversión metabólica del DDT por microorganismos en el medio ambiente.	23
2.2 Metabolismo del γ -HCH por microorganismos.	24
2.3 Metabolismo del aldrin y el dieldrin por microorganismos.	25
2.4 Conversión metabólica de endrin y heptacloro.	26
2.5 Efecto de la irradiación ultravioleta y solventes sobre las reacciones fotoquímicas del heptacloro.	27
2.6 Fotoisomerización entre los productos de insecticidas organoclorados.	28
2.7 Proceso de decloración del dieldrin.	28
2.8 Polimerización del DDT por la acción de la luz.	29
3.1 Localización del área de estudio.	34
3.2 Diagrama de flujo del método Soxhlet.	39
3.3 Cromatograma del estándar dibutil clorendato.	40
3.4 Cromatograma del estándar de 17 plaguicidas organoclorados (Hewlett Packard).	41

3.5	Cromatograma de una muestra de suelo de la localidad 1, profundidad 0-20 y primera repetición.	42
4.1	Comparación simple de residuos de insecticidas organoclorados entre localidades en tres profundidades de suelo.	54
4.2	Relación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo en el espacio de los tres primeros Componentes Principales.....	56
4.3	Dendograma de asociación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo.	59

INTRODUCCIÓN

Hace por lo menos cuatro décadas atrás la sociedad no tomaba en serio el gran problema de la contaminación en el ambiente, parecía una molestia que deberíamos de soportar como una consecuencia de la vida urbana, de la industrialización, del creciente desarrollo tecnológico en la agricultura y del crecimiento demográfico, factores que han contribuido a acelerar éste grave problema. Debido a esto comenzó a ingresar al ambiente en forma continua, una creciente cantidad de sustancias químicas; tanto sintéticas como naturales, cuyas interacciones con los seres vivos y su medio ambiente, se conocen poco o aún no se conocen (Molina y Albert, 1988).

En 1980 la EPA (Environmental Protection Agency) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), mencionan que las sustancias químicas de uso cotidiano en el mundo eran de 63,000 con un incremento anual de 1,000 a 2,000 sustancias, de las cuales solo 2,000 habían sido estudiadas en cuanto a su interacción y efectos a corto y largo plazo, esta cifra aumenta muy lentamente debido principalmente a los altos costos de la investigación, deficiencia de las instalaciones y lo difícil de los estudios (Molina y Albert, 1988).

A pesar de que los países más avanzados, están ahora mas conscientes del peligro potencial de los plaguicidas persistentes y tienen grandes restricciones en su uso, el consumo mundial de diversos plaguicidas se incrementa cada día.

Aunque se ha prohibido la producción de plaguicidas persistentes en Estados Unidos desde 1972, por ejemplo el DDT y otros clorados, éstos productos siguen teniendo impacto en el ambiente ya que cantidades apreciables de sus residuos pueden permanecer en el suelo, lodo, atmósfera y biota por mucho tiempo (Albert *et al.* 1989).

La región papera de Coahuila y Nuevo León ha estado expuesta a una intensa explotación del cultivo de la papa desde 1952, Fernández (1955) ya que la producción de este producto requiere de un sistema agrícola bien tecnificado para su óptimo desarrollo y comercialización. Este sistema incorpora grandes cantidades de plaguicidas al suelo y a la planta para el control de plagas y enfermedades que atacan al cultivo, al respecto es conocido que esta región esta dentro de las de mayor tecnificación en el país en cuanto al cultivo de la papa se refiere usando altas cantidades de agroquímicos. En Coahuila se destinan más de 1800 ha para este cultivo que tiene un rendimiento promedio de 30.0 ton/ha, (Jiménez, 1997) aunque esta varía año con año.

A pesar de sus mas de 50 años de explotación de esta región y su elevada tecnificación y aunque hace mas de 20 años que en general se abandonó el uso de insecticidas clorados, aún no nos hemos preocupado por contar con datos

REVISIÓN DE LITERATURA

La Contaminación por Químicos

A las formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un momento y sistema dado y causan efectos adversos en él, se les considera contaminantes tóxicos (Albert, 1988)

Al respecto Albert *et al.* (1989) indican que entre los daños ambientales a largo plazo, está la contaminación irreversible de los suelos y de los mantos freáticos, la contaminación de aguas continentales y costeras, la acumulación de los plaguicidas en las cadenas tróficas y el desarrollo de resistencia en los organismos tales como insectos, hongos o roedores.

Por su versatilidad y gran historia como el mayor químico industrial, los fenoles clorinados han sido detectados en suelos, sedimentos, en aguas naturales así como también en la orina humana. Por otro lado la EPA designó a cinco clorofenoles como contaminantes prioritarios (Stephen *et al.* 1989).

La Contaminación por Plaguicidas

Bordas (1973) menciona que el uso de los insecticidas organoclorados se inició en nuestro país en 1946 con la aplicación del DDT, de tal manera que entre 1947 a 1963 se llegaron a aplicar alrededor de 25,000 ton de éste insecticida, que correspondía al uno por ciento del total producido mundialmente; además, se aplicaron cantidades menores de otros insecticidas organoclorados como el aldrin, lindano, clordano, toxafeno entre otros.

Bordas (1974) señala que algunas cuestiones de relevancia con respecto a la contaminación por plaguicidas en México, son; que no se han dedicado esfuerzos para estudiar el efecto que haya podido tener sobre el ambiente, la aplicación de grandes cantidades de insecticidas, en regiones agrícolas donde se ha hecho por muchos años un intensivo y extensivo uso de éstos. Es probable que la cantidad de plaguicida que cae al suelo no pase de un cinco por ciento.

Soberanes (1977) menciona que en 1950 en nuestro país se destinaron 760, 000 ha al cultivo del algodón y para el control de los problemas fitosanitarios de este cultivo se destinaba el 95 por ciento de los plaguicidas del consumo nacional y para 1955 el área algodonera se incrementó a 1,058,000 ha y se reduce a 90 por ciento el uso de plaguicidas en este cultivo. Para 1960 se reduce el área algodonera a 872 ,000 y a 252,000 ha en 1976 que a su vez de un total de 50,000 ton de plaguicidas aplicados en nuestro país 26,000 ton se destinaron al algodón.

Weber y Weed (1974) mencionan que desde que los químicos orgánicos son introducidos al ambiente los procesos físicos y biológicos provocan su transporte a diversos sitios y ecosistemas, y en muchos casos son transformados a otros productos. Los cinco procesos de reacción más comunes en el medio ambiente subsuperficial son:

1. Adsorción y retención de los residuos en los cultivos.
2. Movimiento en escurrimientos sea como material disuelto o absorbido.
3. Adsorción y desadsorción en la materia orgánica, arcilla o en superficie de los minerales del suelo.
4. Difusión al aire en fase de vapor.
5. Transporte hidrodinámico, incluyendo la advención y dispersión en la fase acuosa.

Boyd *et al.* (1989) mencionan que entre otros autores, Paasivirta *et al.* (1985) considera que por su toxicidad y aparente ubicuidad en el ambiente, el PCP (pentaclorofenol) es uno de los cloro fenoles más ampliamente estudiados, se ha reportado como contaminante del suelo y aguas naturales a altas concentraciones de varios miles de mg/kg^{-1} . Los más altos niveles se han asociado a contenedores profundos o en áreas de almacenamiento en aserraderos para facilitar la conservación de madera.

Reinert (1989) menciona que un herbicida es aplicado a un ambiente acuático, los procesos en su destino tales como absorción y transformación determinan su separación y persistencia. La importancia en la evaluación del medio ambiente y la salud se entiende por el destino y persistencia de estos productos, caracterizados por los procesos de competencia interviniendo las propiedades de los herbicidas y las condiciones ambientales prevalecientes.

Suelo

Martínez-Iñigo y Almendros (1992) estudiaron la adsorción de doce plaguicidas en dos muestras de suelo con diferentes contenidos de carbonato y tratado con biomasa de encino (*Quercus ilex L* subespecie *bellota*) en sucesivos estados de humificación. Los niveles mas altos de fijación en la biomasa de encino fueron para el plaguicida spergon, prometrine y propanil. A excepción de la atrazina, carbofuran, prometrina y silvex, la composición del residuo forestal a las 84 semanas incrementó significativamente la adsorción de plaguicidas. En cuanto al carbonato de calcio desempeñó un papel poco importante en la retención de plaguicidas, lo que fue observado en las muestras de suelo con los pH más altos. La fijación de silvex y carbofuran se incrementó considerablemente cuando la materia orgánica fue agregada a los suelos con los pH más bajos, mientras en las muestras de suelo calcáreos la mayor fijación correspondió a ácidos fenoxiclorinados.

En un estudio reciente Harris y Warren (1964) discutieron la importancia de la materia orgánica en la interacción suelo-pesticida, y concluyeron que la materia orgánica tuvo un alto potencial en la capacidad de adsorción.

Wever y Miller en 1989 mencionan que la absorción de químicos orgánicos por la fracción de la materia orgánica del suelo incluyendo ácidos húmicos y fúlvicos y otras sustancias húmicas, influyen en la retención de compuestos iónicos a sitios lipofílicos.

Zheng y Cooper (1996) evaluaron la adsorción desorción y degradación de los herbicidas metalocloro y pendimetalin y un nematicida cadusafos bajo condiciones de laboratorio en seis suelos del sur de Francia. Permitiendo concluir que la adsorción y la resistencia a la desorción de los plaguicidas ubican a estos tres compuestos de acuerdo a su movilidad como sigue; pendimetalin < cadusafos < metalocloro. Encontrando además que el contenido de arena, arcilla y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos afectó claramente los parámetros de adsorción-desadsorción. El estudio de degradación en los seis suelos no mostró diferencias significativas, pero reveló la influencia de la temperatura.

O'Brien (1990) señala que los plaguicidas como el herbicida dipiril paraquat y el fungicida benomilo, pueden persistir mucho tiempo. Diversos plaguicidas pueden acumularse a través de los años en el suelo y en el fondo de los estanques, para después ser absorbidos por las plantas o liberados por los

organismos del suelo; por ejemplo, la vida media del plaguicida organoclorado toxafeno es de 25 años en el suelo; esto significa que 15 años después de aplicarlo, la mitad del plaguicida permanece en el suelo y después de 30 años, una cuarta parte aún permanece ahí.

Vegetales

Como sucede con la mayoría de los fenómenos biológicos, la respuesta de las semillas a los pesticidas está regida por una serie de factores complejos y de acción recíproca, que emanan del interior (endógenos) o que provienen del exterior (exógenos) de la semilla. NAS (1978). Al respecto por ejemplo, Reckendorfer (1950) determinó que la mayor cantidad de arsénico que puede llegar a contener una célula de frijol sin causar daño visible es de 10.6 µg.

Scott y Karr (1942) presentaron informes en los que se señalan notables disminuciones en el crecimiento de las plantas, rendimiento y desarrollo de las raíces, de frijol lima y de pimientos, como consecuencia del empleo de aplicaciones con arseniato de plomo al suelo. (NAS, 1978).

Otros estudios indican que los pesticidas son menos absorbidos a la vegetación que al suelo (Glotfelty y Schomburg 1989).

Goring (1962) realizó comparaciones en relación con las toxicidades relativas de diversos fumigantes para las semillas, hongos, insectos y nemátodos,

encontrando que la toxicidad varía según sea el tipo del fumigante. Siendo el bromuro de metilo el más tóxico para las semillas. En general, éstas y los hongos son las de mayor resistencia a los efectos nocivos de los fumigantes, mientras los nemátodos y los insectos del suelo son los más susceptibles. Dejando un tiempo adecuado para que se disipe el fumigante del suelo se evitará el perjuicio a las semillas en germinación. La germinación también se puede reducir debido a los efectos deletéreos de la esterilización parcial de la tierra, causados por el empleo de dosificaciones altas, o debido a las condiciones frías o de humedad en que se encuentre la tierra cuando se haga la aplicación (NAS, 1978).

Agua

Carcel (1989) menciona que la separación de pesticidas dentro de y entre el medio ambiente (aire, agua y suelo) es influenciado por el ciclo hidrológico del agua. Por estudios ambientales (de campo y por modelos) el foco primario de interés es el traslado del agua y los químicos entre varios componentes de almacenamiento.

Sawhney (1989) menciona que hay un incremento en el interés público a cerca de proteger los cuerpos de agua de la contaminación además, una vez contaminados, los acuíferos no se limpian naturalmente o por métodos económicos por descontaminación *in situ* no es posible. Es de particular interés el incremento de evidencias de contaminación con químicos orgánicos que pueden ser potencialmente peligrosos a la salud humana.

Zielke *et al.* (1989) mencionan que el incremento en la contaminación de los mantos freáticos por las actividades agrícolas e industriales con químicos orgánicos han dado como resultado un esfuerzo multidisciplinario para explicar los factores que influyen en la reacción y movimiento de las moléculas orgánicas a través del suelo. Los suelos son mezclas heterogéneas de muchos componentes, muchos de los cuales son sólidos inorgánicos de composición variable y superficie química reactiva. Los componentes inorgánicos de los suelos con frecuencia resultan de la alteración de los minerales. Mientras que muchas interacciones físicas químicas y biológicas afectan el rol de algún componente particular, en general la arcilla influye más en la reactividad de las moléculas orgánicas.

Las formulaciones de los clorofenoles han sido usadas en muchas aplicaciones por mas de 50 años. El pentaclorofenol (PCP) es usado muchas veces como un funguicida e insecticida para la preservación de la madera. (Boyd, *et al.* 1989).

Paasivirta *et al.* (1985) señala que por su gran toxicidad y aparente ubicuidad en el ambiente, el PCP es de los clorofenoles más minuciosamente estudiados; el cual se ha reportado como contaminante de aguas naturales en altas concentraciones de varios miles de mg/kg^{-1} .

La Contaminación por Organoclorados

Jukes (1974) menciona que aunque el uso del insecticida DDT es restringido en diversos países, todavía es ampliamente usado en muchos otros, principalmente en los países de tercer mundo; además, se sabe que los isómeros p,p- y o,p son constituyentes en las preparaciones del DDT comercial. La naturaleza persistente del DDT y su tendencia a bioacumularse a través de la cadena alimenticia ha provocado muchos debates sobre su destino en el medio ambiente.

Mac Rae *et al.* (1984) señala que aunque la distribución del lindano se ha discontinuado por varios años en muchos países, aun se tienen problemas con este producto por la permanencia de sus isómeros en el suelo, porque sus residuos tienden a presentar un alto grado de resistencia a la biodegradación.

Por su parte Mathur y Saha (1977) mencionan que el lindano ha sido usado por más de 40 años como: insecticida del suelo, para aplicaciones foliares, como conservador de semillas y para la protección de granos. Originalmente las formulaciones del pesticida fueron compuestos predominantemente compuestos del isómero γ del HCH y contenían únicamente pequeñas cantidades de los isómeros β y δ .

Suelo

Naranjo (1977) menciona que en 1960, se habían detectado niveles altos de residuos de insecticidas en suelos agrícolas como en huertos de frutales, los que contenían grandes cantidades de DDT (> 245 ppm). Y afirma que existe un gran número de peligros potenciales a causa de insecticidas organoclorados en los suelos.

García (1997) encontró residuos del plaguicida organoclorado dieldrin en nueve localidades pertenecientes a cinco municipios de la Comarca Lagunera, destacando que el contenido de materia orgánica del suelo, el pH y el contenido de arcilla, fueron las características físico-químicas que más influenciaron en la concentración de dieldrin.

Takre (1973) estudió la persistencia de los insecticidas organoclorados en los suelos durante el período de 1957 a 1965 reportando que la pérdida del dieldrin y heptacloro fue del 50 por ciento o mayor durante los primeros dos años, el epoxi-heptacloro se dejó de encontrar al séptimo año, pero el dieldrin a este tiempo se encontraba todavía en un 11.2 por ciento. Además reporta residuos de dieldrin técnico, clordano, endrin, heptacloro, isodrin, BHC y toxafeno en suelo limoso-arenoso después de 14 años de haberse aplicado, en un 40, 41, 10, 23, 15, 10 y 45 por ciento respectivamente.

Kumari *et al.* (1996) investigaron el nivel de contaminación por plaguicidas en suelos, estanques y agua potable en Haryana, India. Los valores de los residuos totales de isómeros de HCH en el suelo fueron de 0.13 mg g^{-1} , mientras que para el DDT fueron 0.045 mg/g^{-1} de suelo. El promedio de los valores de residuos de HCH en los estanques de agua fue 2.2 mg/L^{-1} , mientras, que los residuos de DDT y sus metabolitos DDE y DDD ocurrieron en cantidades que variaron desde 0.1 a 0.2 mg/L^{-1} . La contaminación de suelos y estanques de agua con HCH fue mayor que con DDT.

Enfiel and Bouchard. (1987) mencionan que en los más altos coeficientes de separación (k_{ow}) y el contenido orgánico reducen el movimiento del pesticida a través del suelo así como en sedimentos; por ejemplo los pesticidas semejantes al DDT, endrin, mirex o toxafeno a menudo son fuertemente absorbidos en la superficie de los suelos. Sin embargo, tales compuestos reaccionan con el medio ambiente subsuperficial cuando ocurren derrames accidentales o cuando las formaciones geológicas cambian fuertemente o tienen propiedades cársticas o cuando tales contaminantes absorben a los coloides que se mueven rápidamente por debajo de la superficie.

Vojinovic *et al.* (1980) determinaron residuos de insecticidas organoclorados en 20 localidades de la región de Servia y Austria, estos suelos se destinaban para uso agrícola y hortícola, los insecticidas detectados fueron γ -HCH y lindano, encontrándose en todas las muestras en cantidades que no exceden de 10 ppb.

El aldrin y dieldrin se encontraron en cinco muestras a concentraciones mayores de 4 ppb en suelos agrícolas y mayor de 5 ppb en suelos hortícolas. Las cantidades de DDT y sus metabolitos DDE Y DDD fueron mayores en suelos hortícolas (> 83.6 ppb), que en suelos agrícolas (> de 28.4 ppb).

Agua

Narendra *et al.* (1994) trabajaron en un estudio durante dos años para determinar residuos de insecticidas organoclorados en las aguas del río Ganges cerca de Farrukhabad, India. Encontraron que la mayoría de las muestras estaban contaminadas con residuos de HCH y DDT. Residuos de aldrin, endosulfan y heptacloro fueron también detectados en muchas muestras, los isómeros α -HCH, pp'-DDT y α -endosulfan fueron encontrados en mayor cantidad que otros isómeros de estos productos. La concentración promedio de aldrin fue mayor que la de dieldrin

Wolfe *et al.* (1977) mencionaron que el metoxicloro es degradado en el agua y tiene una vida media de un año y es relativamente independiente de las condiciones de pH. En contraste, la remoción del DDT depende del pH y exhibe una vida media de 8 años a un pH de 7; asimismo identificaron los productos de degradación del metoxicloro, a causa de hidrólisis, en anisoin, anisil y también DMDE del metoxicloro mientras que el DDE fue identificado como metabolito del DDT.

Vegetales

Con frecuencia, durante la maduración de las semillas en la planta madre se emplean pesticidas pero ha quedado bien demostrado que tales tratamientos pueden influir sobre el subsiguiente coeficiente de germinación de la semilla. Tal vez debido a su gran actividad fisiológica, el 2,4-D se ha estudiado más a fondo, aunque con resultados variables. Las semillas de plantas de algodón afectadas por el 2,4-D germinaron en forma deficiente y las plántulas sobrevivientes presentaron puntas de raíces mal desarrolladas (NAS, 1978).

En otro aspecto Bentabol y Jodral (1995) analizaron un total de 146 muestras de diferentes tipos de queso producidos en España para averiguar el nivel de contaminación por compuestos organoclorados α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, clordano, aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro, heptacloro epóxido, y los isómeros y metabolitos del DDT. El α -HCH, β -HCH, γ -HCH, clordano, DDT y DDE fueron encontrados en más del 76 por ciento de las muestras; DDE y γ HCH fueron los más detectados, con frecuencias de 100 y 97.9 por ciento, respectivamente. Los insecticidas que excedieron los límites residuales máximos fueron el clordano, α -HCH, β -HCH y γ -HCH, en 42, 20, 8 y 6 muestras respectivamente.

Problemas Derivados de la Presencia de Organoclorados en el Medio Ambiente

Hombre

Los residuos de plaguicidas impactan severamente la economía de los países que exportan productos alimenticios, ya que al estar contaminados, no pasan las normas de calidad del país comprador y son rechazados.

En la actualidad, el cáncer es una de las causas mas importantes de mortalidad en el mundo, a pesar de que la localización específica de los tumores predominantes varía de una región a otra y es diferente para cada sexo. (Albert, 1988).

Plantas

Usando avena como planta testigo en suelos de textura fina, Sheets *et al.* (1962) comparó la toxicidad inicial y residual de nueve herbicidas s-triazinas. La fitotoxicidad estuvo directamente relacionada con el contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico e inversamente relacionado al pH, siendo más importante el contenido de materia orgánica.

Probst y Everly (1957) comprobaron que las altas dosis de DDT y de HCH redujeron el brote de la planta de soya.

Animales

Hendricks *et al.* (1995) monitorearon las concentración de plaguicidas en cadenas alimenticias terrestres, muestras de suelo, lombrices de tierra (*Lumbricus rubellus*) y musarañas (*Crocidura russula*, *Sorex araneus*). Este estudio mostró residuos de clorobifenil en grasa de lombriz de tierra cuyo contenido fue de 0.10 a 3.5 veces mayor que la concentración en la materia orgánica del suelo, mientras que para otros plaguicidas organoclorados el contenido de residuos varió entre 0.87 y 8.80. La concentración de plaguicidas organoclorados en lípidos de musarañas vivas fueron de 1.0 a 13 veces mas que los residuos en la grasa de las lombrices de tierra.

Degradación de Organoclorados

Biodegradación

Alexander (1989) cita que la dinámica de la biodegradación es esencial para la evaluación de la persistencia de muchos contaminantes orgánicos en el suelo. Una vez que comienza la degradación del químico, las cantidades desaparecen con el tiempo y el modelo de las curvas de disipación estará en función del compuesto en cuestión, su concentración, los organismos responsables y una variedad de factores ambientales

Chiou *et al.* (1983) citan que en el sistema suelo-agua la degradación de los insecticidas la controlan los compuestos aniónicos, que parten de la fase orgánica del suelo.

Kuhn y Suflita (1989) señalan que varios investigadores de los que destacan Castro y Yoshida (1971) Smith y Willis (1978) Gowda y Sethunathan (1977) coinciden que los plaguicidas alicíclicos pueden ser aeróbicamente degradados en los suelos, como el lindano, toxafeno, heptacloro, endrin y aldrin, en sedimentos como el kepone, en cieno el mirex y por bacterias el lindano; en cromosomas de hígado de ratas el heptacloro; y por ferro-porfirinas el mirex, y varios compuestos incluidos el toxafeno.

O'Brien (1990) por otra parte, menciona que poco se conoce acerca de otros cambios que un plaguicida experimenta en el medio ambiente, pero de algunos se conoce que se descomponen en sustancias más peligrosas por ejemplo: el organoclorado heptacloro se transforma en heptacloro epóxido, el cual es un veneno muy tóxico dentro de plantas y animales. El paration se transforma en otro compuesto mas tóxico cuando entra en contacto con el oxígeno. El organofosforado acefato se convierte en otro plaguicida que es el metamidofos.

White *et al.* (1996) evaluaron un tratamiento anaeróbico para la recuperación de suelos contaminados con niveles bajos a moderados de DDT y HCH. Los resultados mostraron una relativamente rápida y eficiente degradación del DDT en reactores anaeróbicos a 25 °C, aunque la remoción del DDE ocurrió

ligeramente. El tratamiento a largo plazo mostró que 25 por ciento de la contaminación por DDT y 65 por ciento del DDE quizá no sea biodisponible para suelos arcillosos. El tratamiento anaeróbico en el suelo contaminado con HCH fue rápido y eficiente ya que el 80 por ciento del HCH fue degradado en 11 días.

Bajo condiciones anaeróbicas, la degradación del DDT es rápida y se tiene una pérdida extensa a DDE. En la presencia de O_2 , los rangos de degradación del DDT es mucho menor y el mayor producto de degradación parece ser el DDE y un derivativo hidroxilado, que es el dicofol. La conversión de DDT a DDE representa una reacción de dehidrohalogenación; esta reacción es catalizada por la enzima dehidroclorinasa también es capaz de dehidroalogenar el DDE a DDMU. (Kuhn y Sufliita 1989).

Gowda y Sethunathan (1977) reportan que el endrin no se degrada en condiciones de suelo aireado y productos de su descomposición persisten y se bioacumulan. Caso contrastante con el metoxicloro donde al pasar de condiciones anaeróbicas a aeróbicas resultó en una rápida mineralización del pesticida.

Matsumura *et al.* (1976) mencionaron que el endrin puede ser transformado en aldrin incubándolo en el suelo con *Pseudomonas*.

Parr y Smith (1976) mostraron que el porcentaje de degradación del toxafeno incrementó dramáticamente cuando el potencial Redox cayó de 0 a 0.1 o menos.

Englehart *et al.* (1986) citan que el pentaclorofenol es susceptible a la fotodegradación y a la biodegradación e identificaron los productos de esos procesos.

Matsumura (1976) cita varios autores quienes encontraron entre otros microorganismos que degradan insecticidas organoclorados los siguientes:

<i>Aerobacter</i>	DDT, endrin, metoxicloro
<i>Agrobacterium</i>	DDT
<i>Bacillus</i>	DDT, dieldrin, heptacloro
<i>Clostridium</i>	DDT , lindano
<i>Corynebacterium</i>	DDT
<i>Erwinia</i>	DDT
<i>Escherichia</i>	DDT , lindano
<i>Fusarium</i>	Aldrin, heptacloro, DDT
<i>Micronospora</i>	Heptacloro
<i>Mucor</i>	DDT
<i>Nocardia</i>	DDT y heptacloro
<i>Nocardiosis</i>	Clordano
<i>Penicillium</i>	Aldrin, heptacloro
<i>Proteus</i>	DDT
<i>Pseudomonas</i>	DDT, dieldrin, endrin
<i>Rhizopus</i>	Heptacloro
<i>Rhodotorula</i>	DDT

<i>Serratia</i>	DDT
<i>Streptococcus</i>	DDT, heptacloro
<i>Streptomyces</i>	DDT
<i>Trichoderma</i>	Aldrin, DDT, dieldrin, heptacloro

Harris (1967), indicó que la degradación de la atrazina, se efectuó más rápidamente en suelo con altos contenidos orgánicos y sugirió que los procesos de degradación podrían ser estrechamente asociados con la MO; además menciona que la hidrólisis de este producto tiene una fuerte interacción con arcilla montmorillonítica facilitada por la protonación en la superficie coloidal.

Mac Rae *et al.* (1984) mencionan que los residuos de los isómeros del lindano tienden a exhibir un alto grado de resistencia a la biodegradación y que a pesar de que su uso ha sido discontinuado por un buen número de años en muchos países, se han encontrado en acuíferos.

Newland *et al.* (1969) citan que la persistencia de los isómeros del lindano pueden ser ordenados con respecto a su facilidad de dehalogenación: $\gamma < \alpha < \beta \leq \delta$ debido a que termodinámicamente los isómeros β y δ son más estables.

Kuwatsuka e Igaroshi (1975) encontraron que en los suelos estudiados el PCP fue descompuesto en procesos aeróbico y anaeróbico, pero fue más rápida la degradación anaeróbica en el suelo.

En el caso del HCH se conoce que desaparece del suelo, particularmente bajo condiciones anaeróbicas, donde la acción microbiana y la alcalinidad del suelo pueden jugar un papel importante en la degradación del HCH (Bradbury, 1963). El proceso de dehidroclorinación microbiana parece ser el de menor importancia (Yule *et al.*, 1967); a excepciones de las algas unicelulares (Sweeney, 1969) a continuación se expone la ruta biodegradativa del lindano. (Matsumura, 1976).

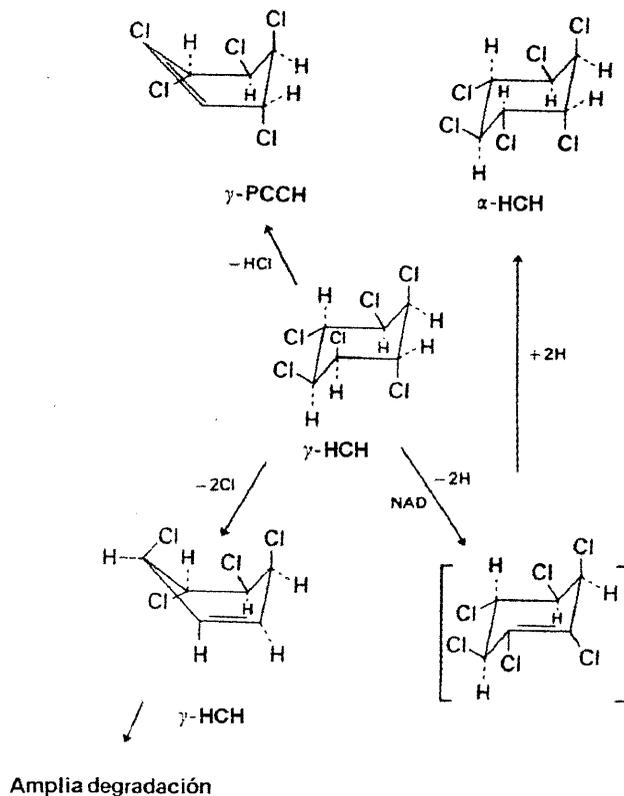


Figura 2.2 Metabolismo del γ -HCH por microorganismos. Matsumura (1976).

El grupo de los ciclodienos son generalmente más estables, pero existen muchos microorganismos capaces de degradarlos, en el que el toxafeno y el endrin se degradan más rápidamente. Matsumura (1976) mencionan que

únicamente 10 bacterias aisladas de 600 encontrados en el suelo fueron capaces de degradar al dieldrin.

El proceso metabólico microbiano más ampliamente estudiado es la reacción de epoxidación, en el cual convierte el aldrin a dieldrin, heptacloro a heptacloro epóxido y el isodrin a endrin (Matsumura, 1976).

Otra reacción característica asociada con el metabolismo de los ciclodienos es el de reordenamiento como es el caso de la formación del puente intramolecular (en la formación de fotoaldrin y fotodieldrin mostrada en la Figura 2.3 (Rosen *et al.*, 1966; Robinson *et al.*, 1966) y la transformación de los epóxidos a la forma de cetonas, aldehidos y alcoholes mostrada en la misma figura anterior (Matsumura, 1976).

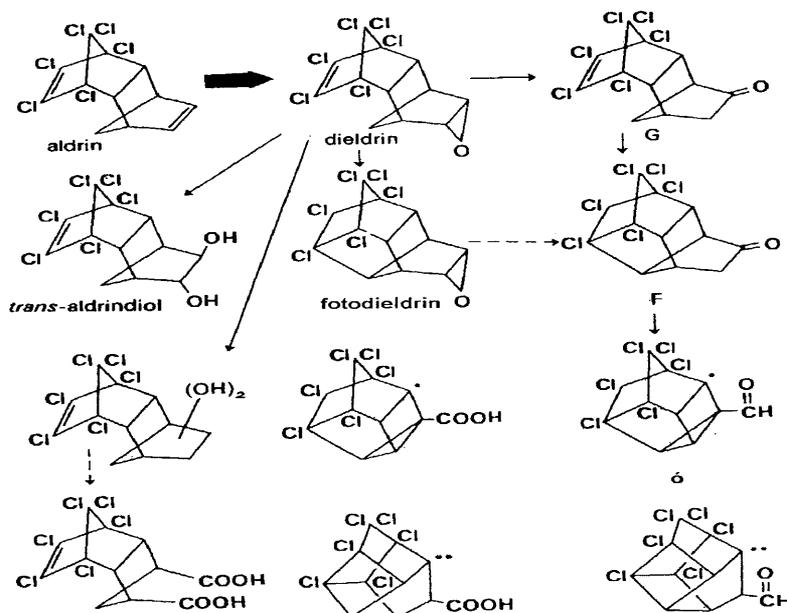


Figura 2.3 Metabolismo del aldrin y el dieldrin por microorganismos. Rosen *et al.* (1966), Matsumura *et al.* (1971) y Matsumura (1976).

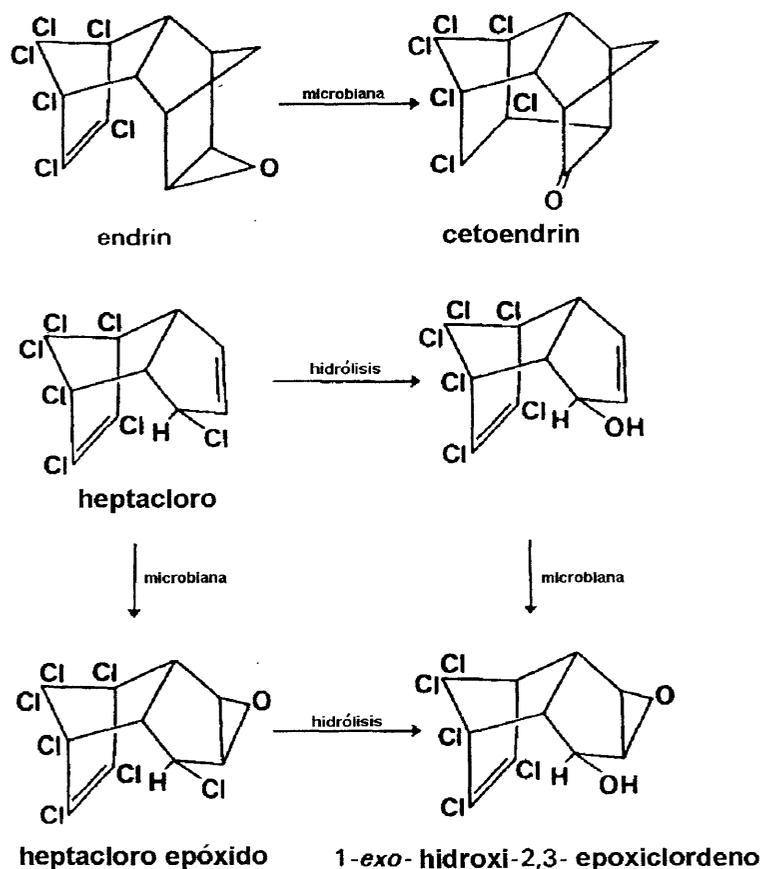


Figura 2.4 Conversión metabólica de endrin y heptacloro. Matsumura *et al.* (1971) y Matsumura (1976).

Fotodegradación

Uno de los más importantes factores que afectan la degradación de los pesticidas y otros químicos orgánicos es la presencia de fotosensibilizadores; compuestos que facilitan la transferencia de energía de la luz al receptor químico, con lo cual reaccionan las sustancias disueltas o suspendidas. (Matsumura, 1976).

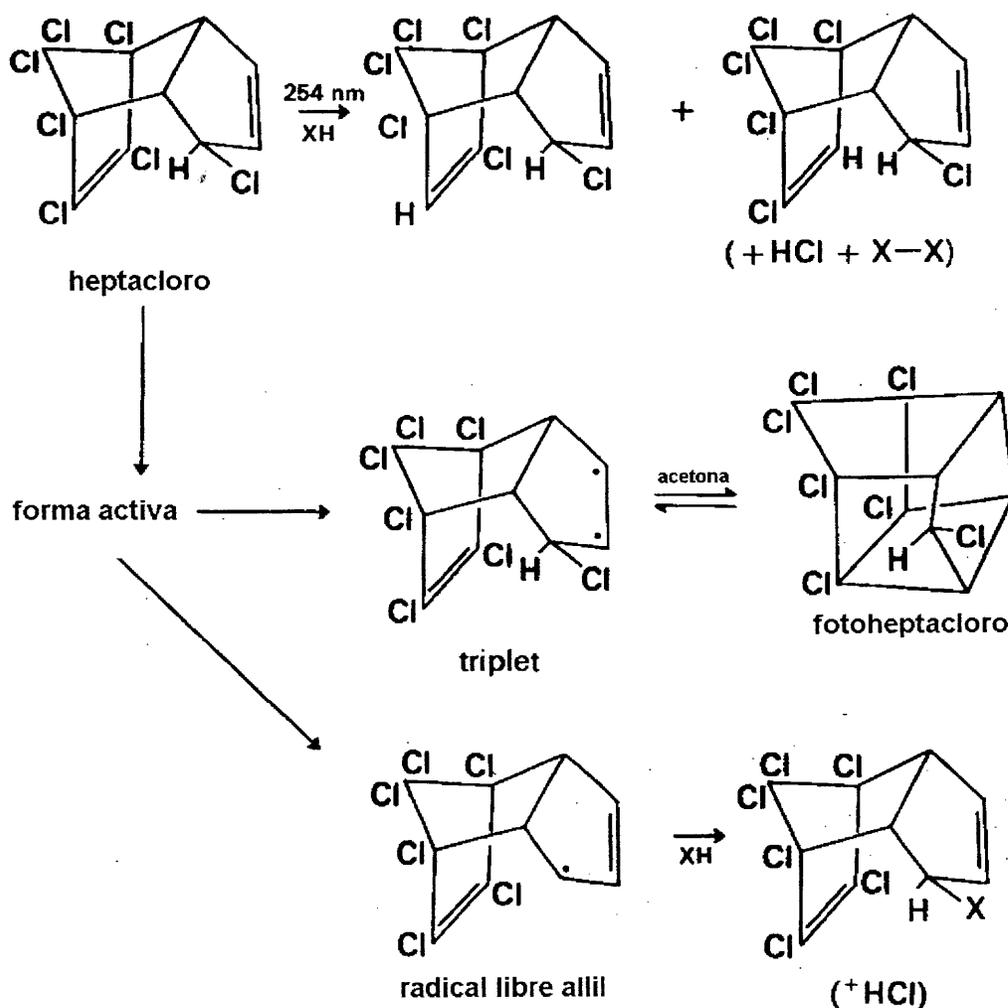


Figura 2.5 Efecto de la irradiación ultravioleta y solventes sobre las reacciones fotoquímicas del heptachloro. McGuire *et al.* (1972). Matsumura (1976).

En las reacciones de fotólisis de endrin, Matsumura (1976) encontró que las formas de endrin-cetona son resultado de la irradiación ultravioleta e indica que en la presencia del fotosensibilizador benzofenona, el heptachloro, el isodrin químicamente convierten a los correspondientes isómeros atrapados (Figura 2.6).

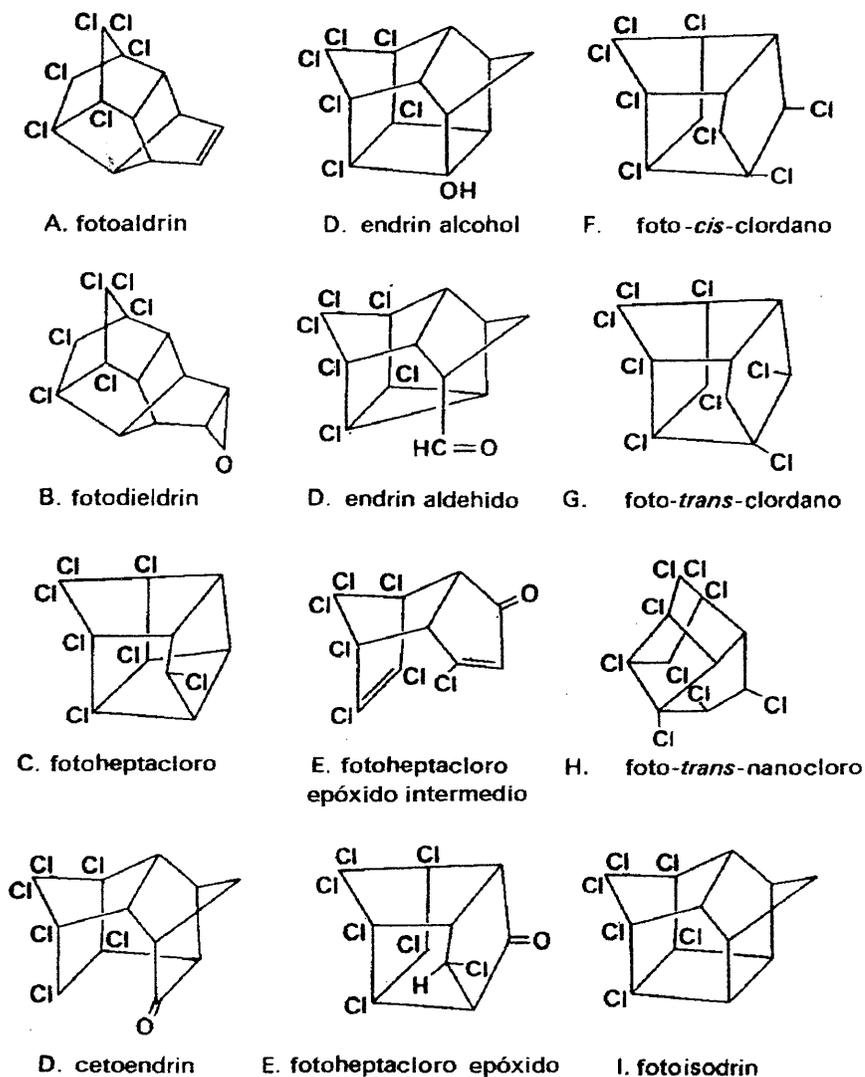


Figura 2.6 Fotoisomerización entre los productos de insecticidas organoclorados. Matsumura (1976).

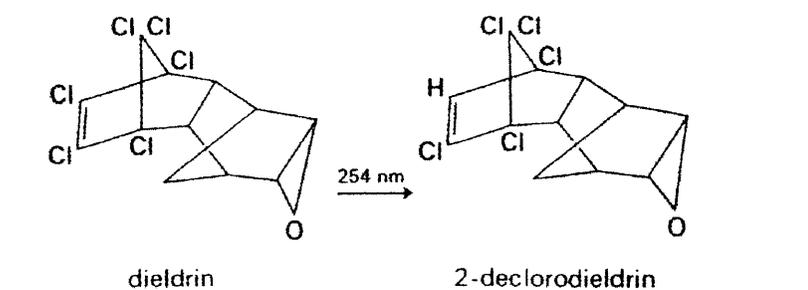


Figura 2.7 Proceso de dechlorinación del dieldrin. Matsumura (1976).

Matsumura (1976) menciona que en la irradiación UV el DDT pierde dos átomos de cloro como primera etapa en ausencia de aire.

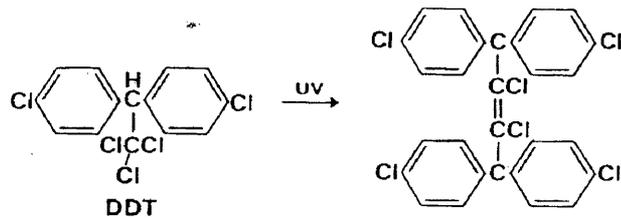


Figura 2.8 Polimerización del DDT por la acción de la luz. Matsumura (1976).

Movimiento de plaguicidas

El sorprendente descubrimiento del DDT en la nieve del Antártico (Sladent *et al.* 1966) y otros insecticidas organoclorados comunes en la lluvia (Abbott *et al.*) incrementó el interés en la investigación de la volatilización de pesticidas y su movimiento atmosférico.

Hoy en día existe conciencia, que para muchos pesticidas la volatilización es tan importante como la degradación química y microbiológica causando la desaparición de pesticidas del suelo, y que su deposición en la atmósfera es una mayor fuente de contaminación de pesticidas en algunos ambientes. La volatilidad de las partículas depende sobre todo de sus propiedades fisicoquímicas, del medio ambiente del suelo, clima y energía solar, y no por el manejo que hacen los agricultores de sus cultivos. (Glotfelty y Schomburg, 1989).

Los factores que controlaban la volatilización de los pesticidas del suelo en orden de importancia incluyen: las propiedades intrínsecas de los pesticidas como la presión de vapor y solubilidad como el factor más importante que controla la volatilidad, seguido del método de aplicación en relación a la superficie del suelo vs. incorporación, humedad del suelo, materia orgánica, temperatura y las propiedades de transporte en el suelo. Todos estos factores, excepto las propiedades intrínsecas de los pesticidas, pueden cambiar dramáticamente cuando es adoptado una labranza de conservación (Glottfelty, 1987).

El proceso primario en la separación de los pesticidas dentro de varios componentes del ciclo hidrológico, es la adsorción y la desadsorción. Estos procesos entre otros más, como la infiltración y erosión influirán en el aire, agua y suelo para influenciar en la magnitud de desplazamiento de los pesticidas. (Karickhoff, 1984).

El incremento de la materia orgánica en la superficie del suelo en campos no labrados puede reducir la pérdida de pesticidas por volatilización porque se incrementa la absorción de los pesticidas; así, al duplicar la MO del suelo se reduce los rangos de la volatilización aproximadamente a un medio (Spencer y Cliath, 1974).

Suntio *et al.* (1988) encontraron que el tiempo requerido para la volatilización del 50 por ciento del pesticida después de una aplicación superficial

en suelo para los siguientes plaguicidas es: heptacloro y lindano 0.3 años; clordano 2.3 años y la atrazina 500 años.

Las propiedades físicas y químicas de los pesticidas y del suelo, influyen en el transporte de estos contaminantes a los acuíferos; otro aspecto importante lo es el contenido de arcilla y materia orgánica ya que estos pueden variar en el suelo desde un uno por ciento hasta 50 por ciento en los suelos de arcilla pesada y suelos turbosos respectivamente. (Kuhn y Suflita 1989).

Hutzler *et al.* (1989) mencionan que muchos acuíferos y suelos han sido contaminados con sustancias volátiles que son débiles hidrofílicamente poco degradables, los que son químicos orgánicos tóxicos tales como solventes industriales.

Jabbar *et al.* (1993) determinaron la contaminación de suelos cultivados y aguas subterráneas superficiales por plaguicidas en Punjab, Pakistán. Encontrando que varios insecticidas han llegado a acuíferos superficiales y que a través del tiempo los acuíferos profundos podrían ser contaminados.

Extracción de Organoclorados de Suelos.

Nash (1984) usó para extraer pesticidas organoclorados el sistema de destilación por vapor, mencionando varias ventajas de éste sistema:

- Requiere de pequeñas cantidades de solventes orgánicos.
- Elimina residuos no deseables.
- El procedimiento es razonablemente rápido.
- No requiere de equipo de cristal especial.

La extracción de insecticidas organoclorados con éste método en comparación con el Soxhlet fue similar, excepto para el DDT que depende del tipo de suelo. La recuperación de muestras fortificadas fue mayor de 75 por ciento, excepto para toxafeno y metoxicloro.

Guan y Vijayaletchumy (1994) usaron la extracción Soxhlet con hexano mas acetona para la determinación de residuos de plaguicidas organoclorados de sedimentos de ríos. Los promedios de recuperación excedieron el 90 por ciento, encontrándose residuos relativamente altos de plaguicidas organoclorados tales como HCH, heptacloro y endosulfan en los sedimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en la región papera de Coahuila y Nuevo León), con una ubicación geográfica de 101° 59' 17" longitud oeste y 25° 23' 59" latitud norte, a una altitud promedio de 1600 msnm.

Se trabajó en cuatro localidades del área:

- Rancho Wapakoneta, Huachichil, Municipio de Arteaga, Coahuila.
- Rancho El Amanecer Huachichil, Municipio de Arteaga, Coahuila
- Rancho El Cuije, Municipio de Navidad, Nuevo León
- Rancho Huachichil 2, Huachichil, Municipio de Arteaga, Coahuila

La región en estudio está situada al oriente de la gran zona climática denominada desierto Chihuahuense (SPP, 1983) formando parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (Figura 3.1).



Figura 3.1 Localización del área de estudio.

Este trabajo fue realizado en campo y laboratorio. El trabajo de campo consistió básicamente en la toma de muestras de suelo, para su posterior análisis en laboratorio.

Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en el Departamento de Suelos de la UAAAN de la Unidad Saltillo y las determinaciones de plaguicidas en el laboratorio de Suelos de la Unidad Laguna.

Muestreo de Suelos

Se muestrearon las cuatro localidades usando el método de Marco Real tomando muestras en 25 sitios, a tres profundidades, 0-20, 20-40 y 40-60 cm, todas las muestras de profundidades iguales se mezclaron para formar una muestra compuesta de cada profundidad para cada localidad; después se

etiquetaron y se transportaron en bolsas de plástico negro para llevarlas a laboratorio.

Preparación de las Muestras

Las muestras de suelo para cada predio se secaron al ambiente en un lugar cerrado para evitar contaminarlas, después se molieron y se tamizaron en una malla de 2 mm, obteniendo 2 Kg, de suelo para cada profundidad de las localidades correspondientes.

Estas muestras de suelo fueron colocadas en frascos de color ámbar y refrigeradas a 4°C, de temperatura para su análisis posterior.

Método Soxhlet

El método utilizado para éste trabajo, fue el método 3540B (Soxhlet) propuesto por la Environmental Protection Agency (EPA), de los Estados Unidos de América en 1990; consistiendo básicamente en 5 etapas:

1. Extracción
2. Concentración
3. Limpieza
4. Concentración
5. Análisis de las concentraciones

Etapa de Extracción

Se pesaron cinco g de suelo de cada tratamiento y se secaron en un cartucho de papel filtro previamente lavado con acetona de alta resolución para cromatografía de líquidos (HPLC), introduciéndolo en la columna de extracción Soxhlet, y se le agregó un ml de un estándar externo que fue dibutil clorendato. Al equipo de extracción Soxhlet, se le agregó un matraz bola de 250 ml, al cual se le adicionaron 80 ml de hexano y 80 ml de acetona. Finalmente el matraz bola se colocó sobre una mantilla de calentamiento a una temperatura calibrada para permitir que los solventes lavaran al suelo cada 15 minutos durante 24 hr.

Etapa de Concentración

Para la concentración de las extracciones de los suelos se utilizó el equipo Kuderna Danish, el cual se programó a una temperatura variable de 65 a 75°C (dependiendo de las muestras) en el tiempo que permitiera obtener un volumen de concentración de 10 ml , siendo este tiempo variable para todas las muestras oscilando entre una a tres hr aproximadamente.

Etapa de Limpieza

Se limpiaron todas las concentraciones extraídas de los suelos, mediante una columna de limpieza a la cual se le introdujo un cm de fibra silanizada, lavada con dos ml de hexano y dos ml de acetona. Dentro de la columna y sobre la fibra

silanizada, se le adicionaron 13 g de Florisil (Merck de 60-100 Mallas) y 4 g de sulfato de sodio previamente activados a 120°C por 12 hr al primero y 400°C por 4 hr el segundo.

Para acondicionar el sulfato de sodio y el Florisil se agregaron 40 ml de hexano a la columna retirando el eluato.

Preparada la columna, se colocaron las muestras concentradas a la columna de limpieza, adicionando 60 ml de hexano recibiendo el contenido en un matraz Erlenmeyer. Después se adicionaron a la columna una mezcla de 50 ml de hexano-éter dietílico en una relación 9:1. Se eluyó con 20 ml de hexano-éter dietílico en una relación 8:2 obteniendo la muestra en una matraz Erlenmeyer.

Etapas de Concentración

Se concentraron por segunda ocasión en el aparato Kuderna Danish todas las muestras de la misma forma. Obteniendo cinco ml aproximadamente. Estas muestras fueron concentradas por tercera ocasión al medio ambiente, obteniendo un volumen aproximado de un ml, del cual se inyectó al cromatógrafo de gases 1µl.

Etapas de análisis de las concentraciones

Para el análisis de las concentraciones se usaron los cromatogramas de los estándares correspondientes a un estándar interno -dibutil clorendato- en acetona y a los 17 plaguicidas organoclorados (Hewlett Packard) (Figuras 3.3 y 3.4).

Los tiempos de retención de estos cromatogramas , fueron comparados con los tiempos de retención de los cromatogramas de cada una de las muestras de suelo analizadas (Figura 3.5).

De acuerdo a los valores resultantes, se empleó una fórmula que estima la cantidad de residuos de insecticidas organoclorados en el suelo.

Fórmula para el cálculo de la concentración de plaguicidas en el suelo:

$$C = \text{ng g}^{-1} = \left[\frac{\text{área de la muestra}}{\text{área del estándar}} \right] \left[\frac{\text{vol. inyectado estándar}}{\text{vol. inyectado muestra}} \right] \left[\frac{\text{concentración estándar}}{\text{estándar}} \right] \left[\frac{\text{aforo muestra}}{\text{peso muestra de suelo}} \right]$$

En la figura 3.2 se muestra un diagrama de flujo que sintetiza el método Soxhlet utilizado en la extracción de los residuos de insecticidas organoclorados .

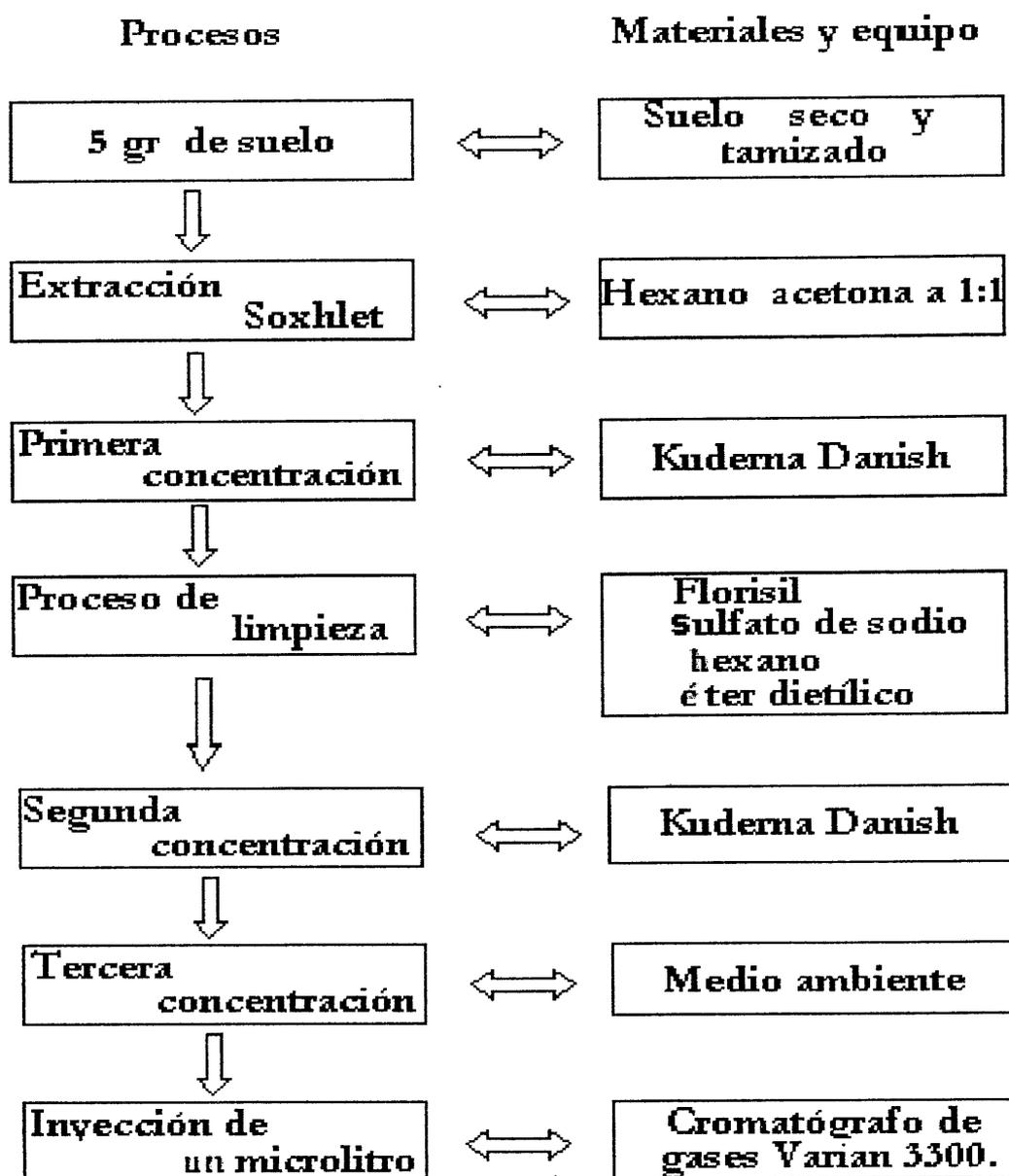


Figura 3.2 Diagrama de flujo del método Soxhlet

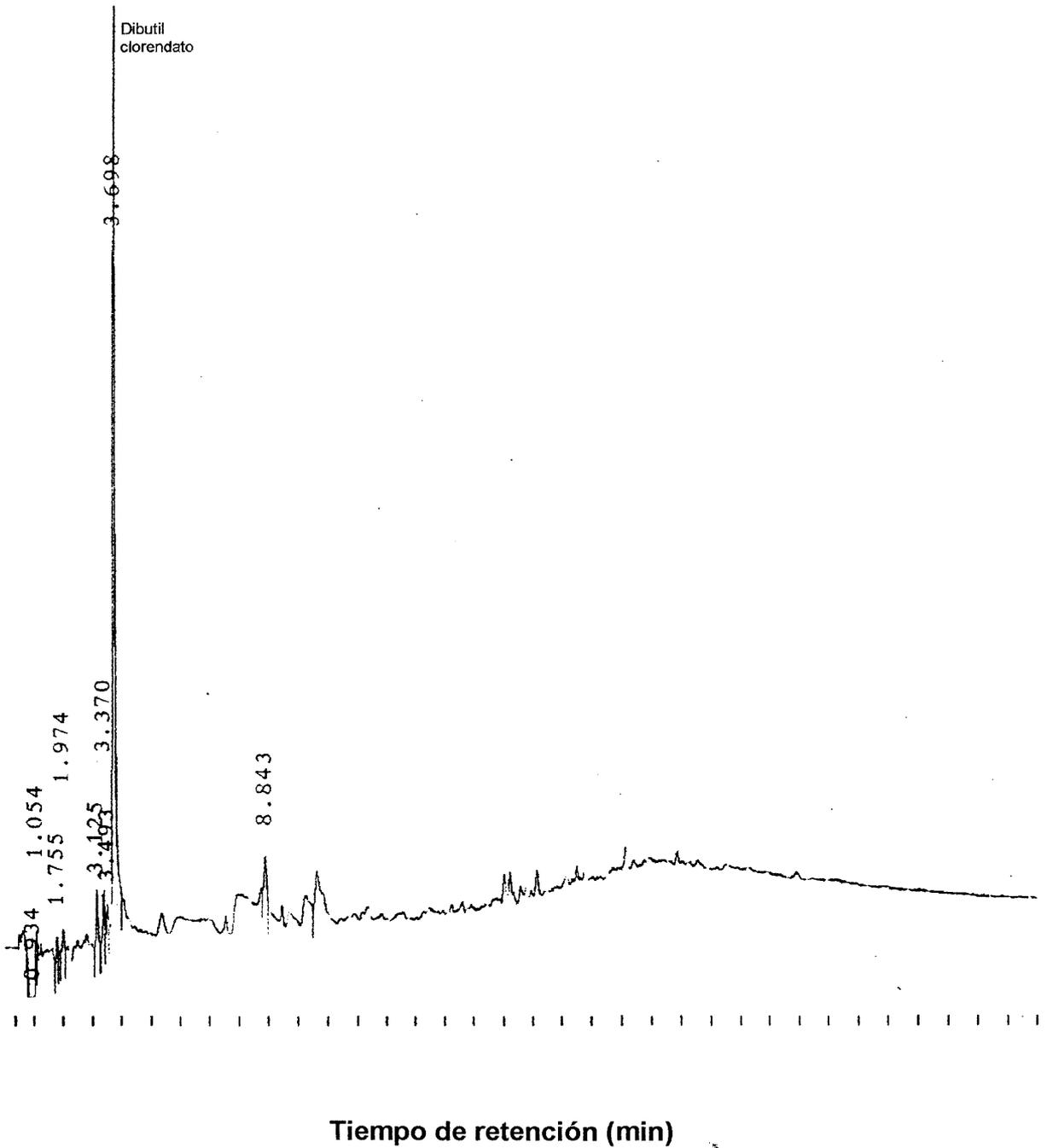


Figura 3.3 Cromatograma del estándar dibutil cloendato, para la localidad 1.

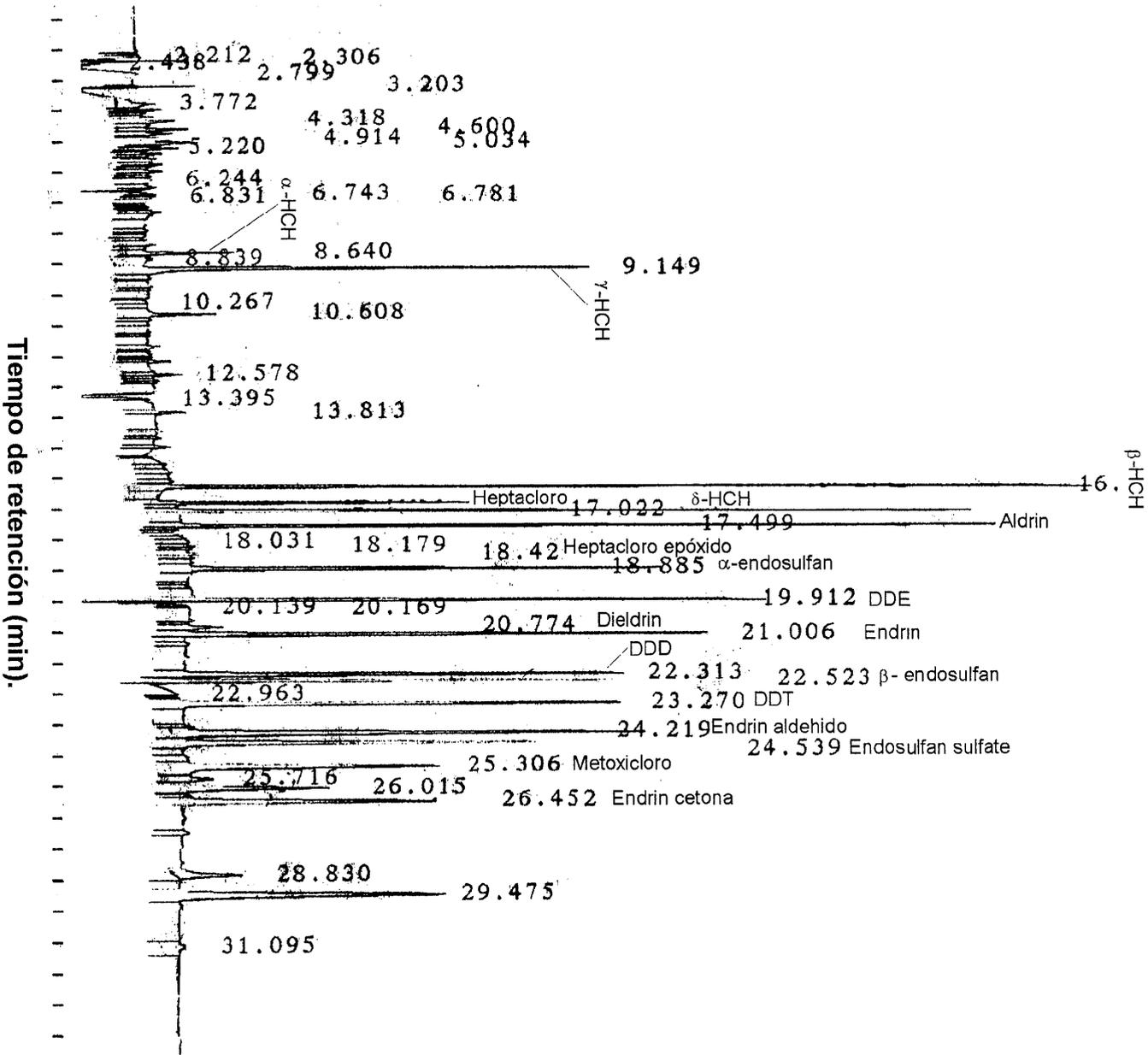


Figura 3.4 Cromatograma del estándar de 17 plaguicidas organoclorados (Hewlett Packard), para la localidad 1.

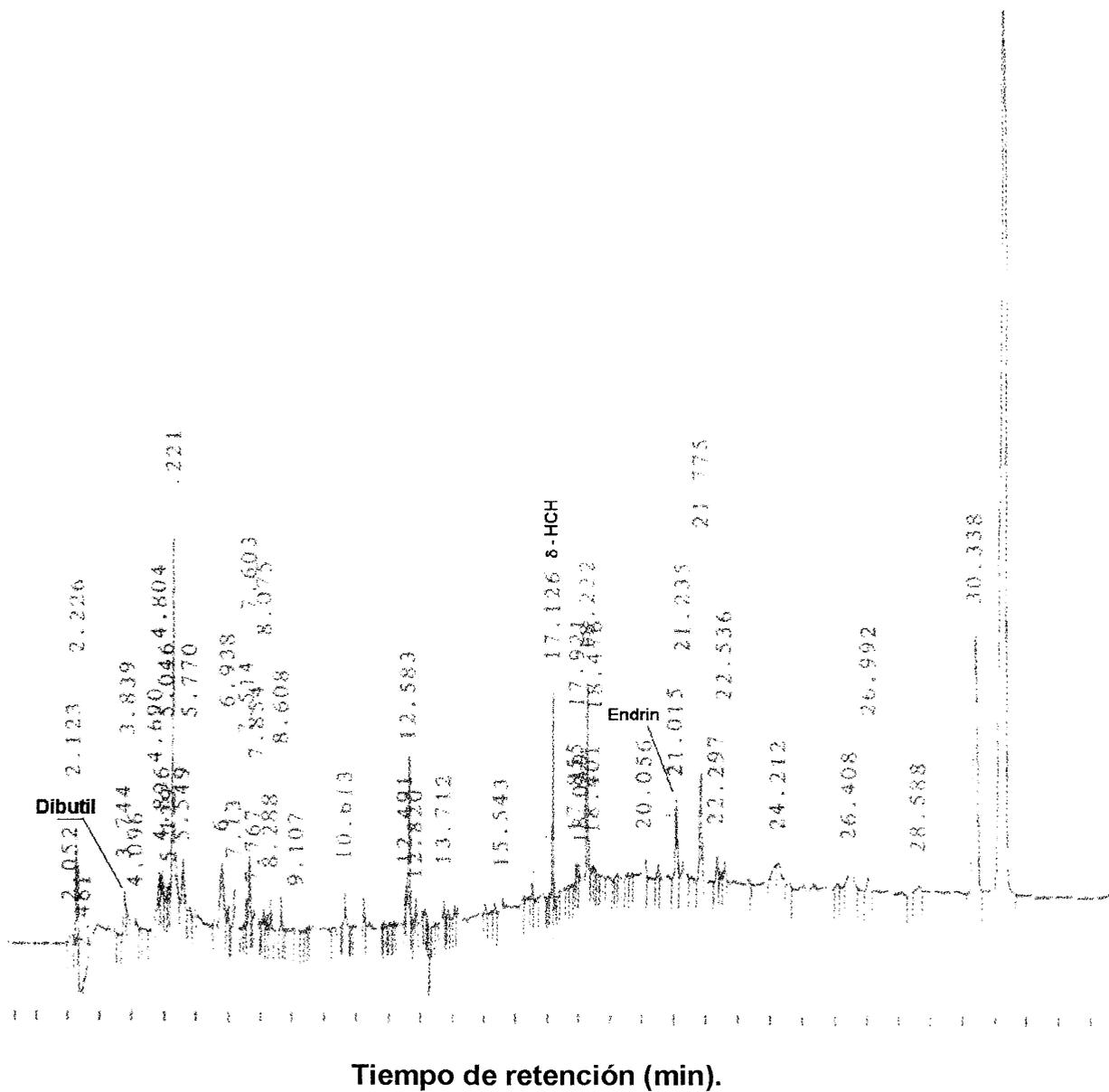


Figura 3.5 Cromatograma de una muestra de suelo de la localidad 1, profundidad 0-20 , primera repetición.

Equipo utilizado

Para detectar la presencia de plaguicidas en el suelo se utilizó un cromatógrafo de gases Varian 3300, con un detector de captura de electrones y una columna capilar megaboro.

Se utilizó nitrógeno como gas acarreador.

Las condiciones térmicas para éste análisis fueron, inyector a 280°C , columna de 80 a 28°C y el detector a 300 °C

Cuadro 3.1 Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo

Determinaciones	Métodos
Textura	Método de Bouyoucos
Densidad Aparente	Método de la parafina
pH	Potenciómetro con una relación agua-suelo2:1
Conductividad eléctrica	Extracto de saturación
Carbonatos	Volumétrico
Materia orgánica	Walkley y Black.
Capacidad de Intercambio Catiónico	Acetato de amonio

Análisis Estadístico

Para la información conjunta de presencia de organoclorados y características físicas y químicas del suelo se realizaron análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados (AC), con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos y establecer las relaciones entre las variables y agrupar variables semejantes.

El ACP consiste en reducir un gran número de variables originales a unas cuantas variables transformadas (Manley, 1986). Se inicia con la concentración de los datos en una tabla de doble entrada, donde los renglones corresponden a los n objetos o individuos en estudio y las columnas corresponden a los p atributos o variables medidas a cada una de los n individuos. Un primer componente principal es entonces la combinación lineal de variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$, de la siguiente forma:

$$Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1p}X_p$$

Donde : $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1p}X_p$

Donde : a_{ij} = Coeficiente o "carga" de la j -ésima variable del i -ésimo individuo. Y están sujetas a la condición de :

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 + a_{13}^2 + \dots + a_{1p}^2 = 1$$

Así la varianza de Z_1 , es lo mas grande posible dada la condición sobre las constantes a_{1j} . La condición sobre las constantes es impuesta para que la

varianza de z_1 no sea aumentada solamente por el elevar el valor de alguno de los a_{ij} . El segundo componente principal:

$$Z_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2p}X_p$$

Es tal que la varianza de Z_2 sea lo mas grande posible sujeta a la condición de:

$$a_{21}^2 + a_{22}^2 + a_{23}^2 + \dots + a_{2p}^2 = 1$$

Debe además , cumplir la condición de que Z_1 y Z_2 no estén correlacionados y un tercer componente está sujeto a las mismas condiciones anteriores y no debe correlacionarse ni con Z_1 ni con Z_2 . Los demás componentes principales son definidos continuando de la misma manera. Si se tiene p variables es posible definir hasta p componentes principales, sin embargo lo más deseable es retener dos o tres. Como el trabajar con las ecuaciones que se plantean para la construcción de los componentes es un trabajo arduo, se optó por trabajar con matrices y encontrar sus incógnitas.

El Análisis de Conglomerados básicamente agrupa a los objetos o individuos en grupo que son diferentes entre si y dentro de cada grupo los objetos o individuos que lo conforman son muy parecidos entre si. Muchos algoritmos se han desarrollado para llevar a cabo este tipo de análisis (Manly, 1986), dentro de ellos se encuentran aquellas técnicas jerárquicas, las cuales se inician con el cálculo de las distancias de cada individuo con todos los otros individuos. Los grupos son formados por un proceso de aglomeración o división. Mediante la aglomeración los individuos inician solos en grupos de uno, posteriormente los individuos mas cercanos son gradualmente agrupados hasta que finalmente todos

los individuos quedan dentro de un único grupo, lo cual es representado mediante un dendograma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los Suelos.

De acuerdo a las cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) los suelos estudiados tienen la clasificación taxonómica siguiente:

Los suelos de los predios Wakaponeta, Huachichil II y el Amanecer ubicados en el Municipio de Arteaga, Coahuila pertenecen a los Castañozem cálcico, de textura fina representados por la nomenclatura **Kk/3**, mientras que los del predio El Cuije del Municipio de Navidad, Nuevo León son Regosoles eutricos calcáreos, ligeramente salinos y de textura media con fase física petrogypsica **Re+Rc-Is/2**.

Con respecto a los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos de los suelos en estudio, estos se presentan en el Cuadro 4.1 donde podemos observar, de manera general, que los valores de las características físicas y químicas de los suelos de las cuatro localidades son similares para la mayoría de las determinaciones realizadas, excepto en la localidad cuatro, donde el pH y los carbonatos totales fueron mayores y menores en materia orgánica y CIC.

Cuadro 4.1 Propiedades físicas y químicas de los suelos de la región de estudio.

Profundidad (cm)	Materia Orgánica (%)	pH	Conductividad eléctrica (ds-m-1)	Textura	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Carbonatos (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Localidad 1				Rancho Wakaponeta			
0-20	3.89	7.15	0.531	A	25.89	16.45	1.12
20-40	4.12	7.05	0.546	MA	26.89	19.76	1.1
40-60	3.81	7.17	0.571	MA	29.29	24.5	1.08
Localidad 2				Rancho El Amanecer			
0-20	3.35	7.2	0.885	M	21.71	17.39	1.12
20-40	3.83	7.25	0.75	MA	23.92	18.56	1.11
40-60	3.57	7.22	0.74	A	27.76	20.31	1.01
Localidad 3				Rancho El Cuije			
0-20	3.66	7.15	1.812	M	23.12	26.5	1.17
20-40	3.42	7.17	1.29	MA	24.27	28.5	1.03
40-60	3	7.15	1.325	MA	26.67	28	1.03
Localidad 4				Rancho Huachichil II			
0-20	2.35	7.4	1.537	MA	20.66	71.93	1.19
20-40	2.98	7.35	1.425	MA	14.25	71.23	1.17
40-60	3.58	7.4	1.531	MAR	19.75	64.57	1.16

R: arena; A: arcilla; M: migajón

A su vez se puede apreciar que en la localidad 3 y 4 que presenta la mayor concentración de carbonatos, la conductividad eléctrica tiende a aumentar teniendo valores que oscilan para la tercera localidad de 1.29 a 1.812 y en la cuarta localidad varían a 1.425 a 1.537, no observando diferencia en cuanto a la profundidad de los horizontes. Sin embargo, en el horizonte 0-20 de la tercera localidad la conductividad es mayor.

Con respecto a la densidad aparente (D_a), los valores encontrados no presentan variación entre las cuatro localidades esto debido a que los suelos en general son arcillosos y migajón arcillosos.

En lo que corresponde a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en lo general la variación que se observa es mínima en las primeras tres localidades, en tanto que en la cuarta disminuye ligeramente influenciado claramente por la textura del suelo que tiene una mayor presencia de arena en la profundidad 40-60.

Residuos de Organoclorados en el Área de Estudios

Se confirma la presencia de residuos de insecticidas organoclorados presentes en las cuatro localidades y a diferentes profundidades de productos como δ -HCH, α -HCH, endrin, endrin-cetona, endosulfan I y endosulfan II, DDT, DDD, DDE y metoxicloro (Cuadro 4.2).

Estos productos son generalmente metabolitos de moléculas originales, aunque en algunos casos se detectó la molécula intacta del plaguicida comercial.

Es de señalarse que estos productos de acuerdo a los agricultores que ya hace más de 15-20 años que ya no los están utilizando, lo que en todo caso demuestra la alta estabilidad de éstos compuestos para permanecer como contaminantes del suelo por periodos largos de tiempo (años). Sin embargo, las cantidades detectadas son menores a las reportadas para otra región del norte de México como es la Comarca Lagunera (Cuadro 4.3). Esto indudablemente influenciado porque en la región papera objeto de estudio el uso predominante es de funguicidas y en caso de la Comarca lagunera el cultivo prioritario durante muchos años fue el algodonerero donde el problema principal de insectos a los que se recurrió para su combate con insecticidas organoclorados. Al respecto se pueden comparar los resultados del presente trabajo (Cuadro 4.2) donde se muestra que las concentraciones obtenidas para el DDT fueron en el caso máximo de 8.65 ng g^{-1} (ppb) en tanto que para la Comarca Lagunera fue de 0.992 ppm es decir valores mil veces mayor, a su vez para el metabolito de este producto el DDE, en la región papera fue de 1.29 ppb y en la Laguna de 4.427 ppm (Cuadro 4.3) esto reportado por García (1986).

Cuadro 4.2 Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos de cuatro localidades de la región papera de Coahuila y Nuevo León. (ng g-1).

Organoclorados	Profundidad (cm)		
	0-20	20-40	40-60
Localidad 1	Rancho Wakaponeta		
δ-HCH	1.4721	17.7402	3.3602
Endrin	6.1151	10.5452	4.3457
Localidad 2	Rancho El Amanecer		
Endosulfan α	0.2143	1.4199	0.0832
Endosulfan β	0.4091	0.0	1.6039
4,4'DDT	8.6524	0.0	1.6131
4,4'DDD	0.4686	0.9895	4.6727
4,4'DDE	0.3402	1.2908	1.0966
Localidad 3	Rancho El Cuije		
α-HCH	2.0537	9.6343	0.1102
Endosulfan α	0.4349	0.0	0.0
Endosulfan β	0.5790	0.6228	0.0
4,4'DDD	53.2494	12.5097	0.0
Localidad 4	Rancho Huachichil II		
α-HCH	0.0	0.3075	0.0
Metoxicloro	0.0702	4.6371	1.3811
Endrin-cetona	0.0	6.0485	2.1522

Cuadro 4.3 Rangos y medias regionales de residuos de insecticidas organoclorados en suelos de la Comarca Lagunera, México (García, 1986).

Plaguicida	Localidades	Rango ppm	Medias Regionales ppm
Aldrin	Mieleras y Las Vegas	0.736-4.976	1.977
Lindano	La Joya – Las Vegas	0.049-0.364	0.133
Clordano	Cuba – Las Vegas	0.625- 3.750	0.133
DDT	Las Vegas y PP Jauja	0.039 – 0.992	0.335
DDE	Cuba – La Joya	0.907 – 4.427	2.162

Relación entre Organoclorados y Propiedades Físicas y Químicas del Suelo.

HCH

Por lo que respecta a este compuesto es de recordar que comercialmente se vendió con el nombre de BHC aunque lo correcto es denominarle HCH, enfatizando que el isómero mas activo es el gamma (γ -HCH), aunque en campo es más frecuente encontrar otros isómeros como son el α -HCH o el δ -HCH que son menos activos biológicamente pero que persisten por mayor tiempo tal como se muestra en el presente trabajo ya que en las localidades sólo se detectaron estos dos últimos isómeros (Cuadro 4.2).

Estos isómeros se detectaron en tres localidades teniendo el isómero δ -HCH en la localidad uno y el isómero α -HCH en las localidades tres y cuatro pero siempre en mayores concentraciones en el horizonte 20-40 (Cuadro 4.2 y Figura 4.1), esto influenciado por la mayor cantidad de arcilla y con la mayor cantidad de materia orgánica.

En este aspecto, al hacer un análisis multivariado por Componentes Principales nos muestra como ya se mencionó que existe una asociación con la MO para el δ -HCH, lo cual concuerda con lo citado por Seybold *et al.* (1994), Riise *et al.* (1994) y Martínez y Almendros (1992); en tanto que en relación a los factores C.E., pH y carbonatos la correlación es negativa es decir que a mayores valores de estos últimos será menor la presencia de δ -HCH (Cuadro 4.4 y Figura 4.2).

Por lo que respecta al α -HCH, el cuadro cuatro en el factor uno de asociación implica una correlación positiva pobre entre este compuesto con la densidad aparente así como con la profundidad y una mayor asociación con la CIC y arcilla esto a nivel del factor 3 que explica el 11 por ciento de la varianza (Cuadro 4.4).

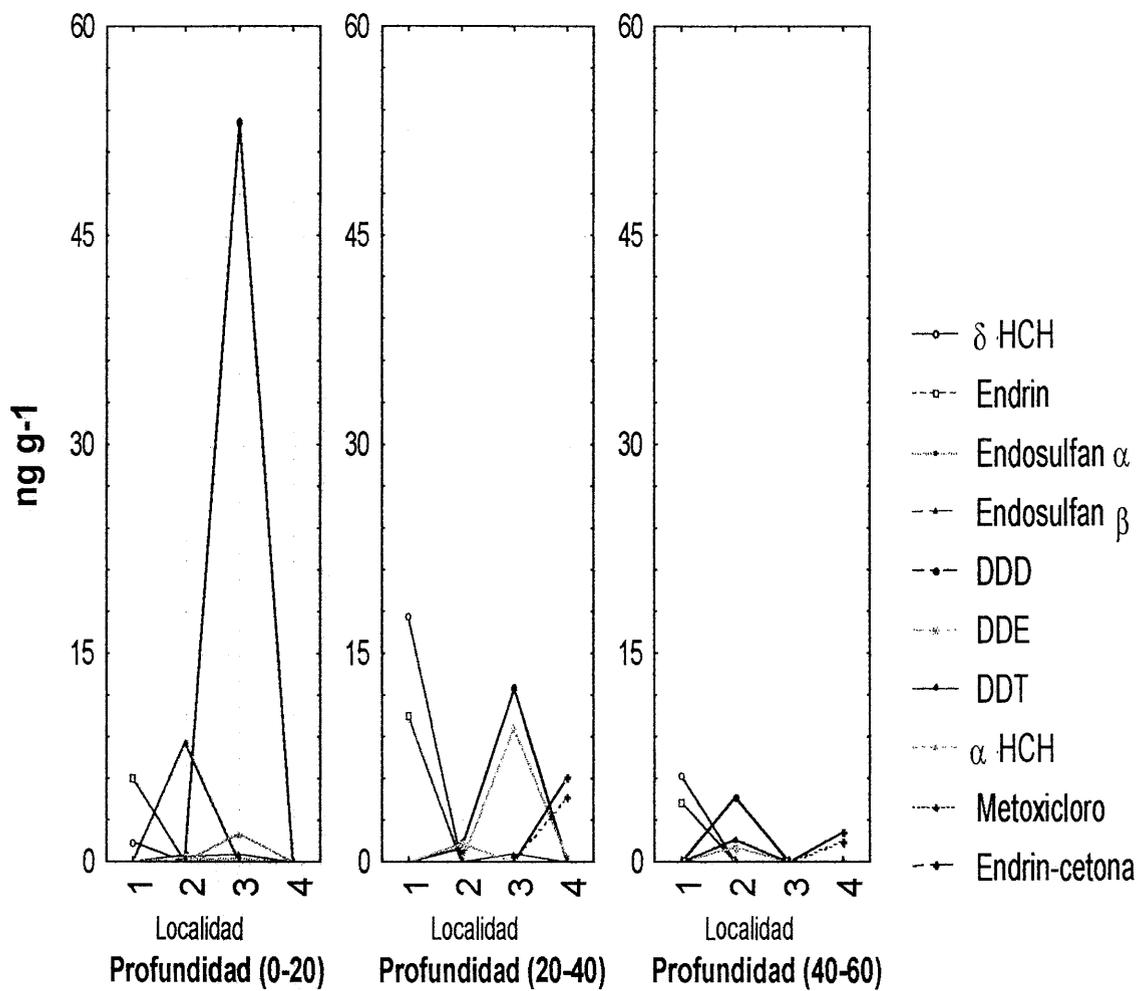


Figura 4.1 Comparación simple de residuos de insecticidas organoclorados entre localidades en tres profundidades de suelo.

Cuadro 4.4 Coeficientes de correlación de cada variable con los 5 primeros Componentes Principales.

Variable	Factor 1 26.7 % *	Factor 2 12.7 % *	Factor 3 10.9 % *	Factor 4 8.9% *	Factor 5 8.3% *
Materia orgánica	-.635	-.344	-.074	-.051	-.059
Arena	.347	.046	.858	.104	.057
Limo	-.161	-.416	-.157	.196	-.281
Arcilla	-.342	.157	-.829	-.147	.125
pH	.684	.152	.353	.287	.169
Carbonatos	.606	.396	.272	.374	-.025
Capacidad de intercambio catiónico	-.470	.071	-.799	-.150	.104
Conductividad eléctrica	.760	.112	-.012	.158	-.478
Densidad aparente	.101	.301	.448	.256	-.649
δ -HCH	-.713	.179	-.187	.080	.049
Endrin	-.858	.236	.007	-.029	.014
Endosulfan α	-.078	-.652	.348	-.049	-.052
Endosulfan β	.145	-.643	-.182	-.071	.068
DDD	.144	-.344	-.367	-.024	-.746
DDE	-.010	-.843	.249	-.067	.221
DDT	-.060	-.147	.307	-.187	-.064
α -HCH	.278	-.130	-.422	-.071	-.132
Metoxicloro	.095	.027	.087	.947	.023
Endrin-cetona	.097	.025	.090	.951	.026
Profundidad	.025	-.163	-.158	.203	.688

* Total de varianza por factor.

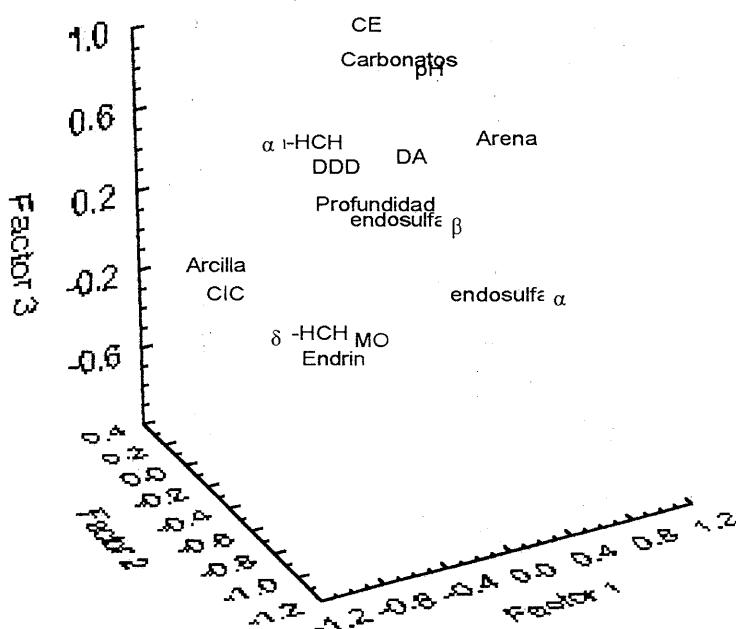


Figura 4.2 Relación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo en el espacio de los tres primeros Componentes Principales

Endrin

Este insecticida se detectó en la localidad uno en concentraciones relativamente altas, en tanto que su metabolito el endrin-cetona sólo se detectó en la localidad cuatro. En ambos casos los valores más altos se obtuvieron de nuevo en el horizonte 20-40, aunque en la primera localidad se tienen valores altos en los horizontes 0-20 y 40-60 (Cuadro 4.2).

Al respecto es de señalar que este metabolito se forma ordinariamente por acción de microorganismos (Matsumura, 1976) y puede ayudar a explicar el porqué de la presencia de este producto en la localidad cuatro, pero no explica porque no se detecta en la uno y solo esta presente el producto original. Esto pudiera implicar que en la localidad cuatro se tenga un mayor tiempo de cuando se realizó la última aplicación, en tanto que es probable que en la localidad uno la última aplicación sea en tiempo más reciente.

Dentro de los microorganismos que actúan sobre la molécula del endrin se cita a *Agrobacter*, *Pseudomonas*, aunque también se señala que *Bacillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma* actúan sobre otros ciclodienos como el aldrin y dieldrin (Matsumura, 1976). Al respecto es de señalar que especies de estos microorganismos son habitantes naturales de esta región y otras mas son inclusive patógenos del cultivo de la papa, las que pudieran participar en la degradación del endrin.

Los valores de estos compuestos se aprecian claramente en la figura 4.2 que enmarcan como ya se citó que se concentran en el horizonte 20-40. Estos se explica de acuerdo al análisis por Componentes Principales a que es retenido mas fuertemente en este estrato por la MO como factor mayor de asociación, incluyendo como segundo lugar como factor de asociación la CIC. Por otro lado se tiene una correlación negativa con CE, pH y carbonatos es decir a mayores valores de estos últimos menor cantidad del tóxico.

Por lo que respecta al metabolito endrin-cetona al analizar los datos por el método de Análisis de conglomerados, nos indica en el dendograma (Figura 4.3) que está asociado con Da y CE y en menor grado con MO y profundidad, lo que concuerda con los datos presentados en el Cuadro 4.2, aunque los valores por análisis por Componentes Principales indican menor valor de la asociación.

Endosulfan

Por lo que concierne a este insecticida se detectó la molécula original, tanto como su metabolito en las localidades dos y tres en cantidades menores al resto de los organoclorados encontrándose en las profundidades 0-20 cantidades apreciables de las dos moléculas, aunque se tiene una mayor concentración del tóxico original en el estrato 20-40, y sólo trazas del producto en la localidad dos en el horizonte 40-60, lo que implica una pobre movilidad o arrastre de los compuesto a mas de 40 cm.

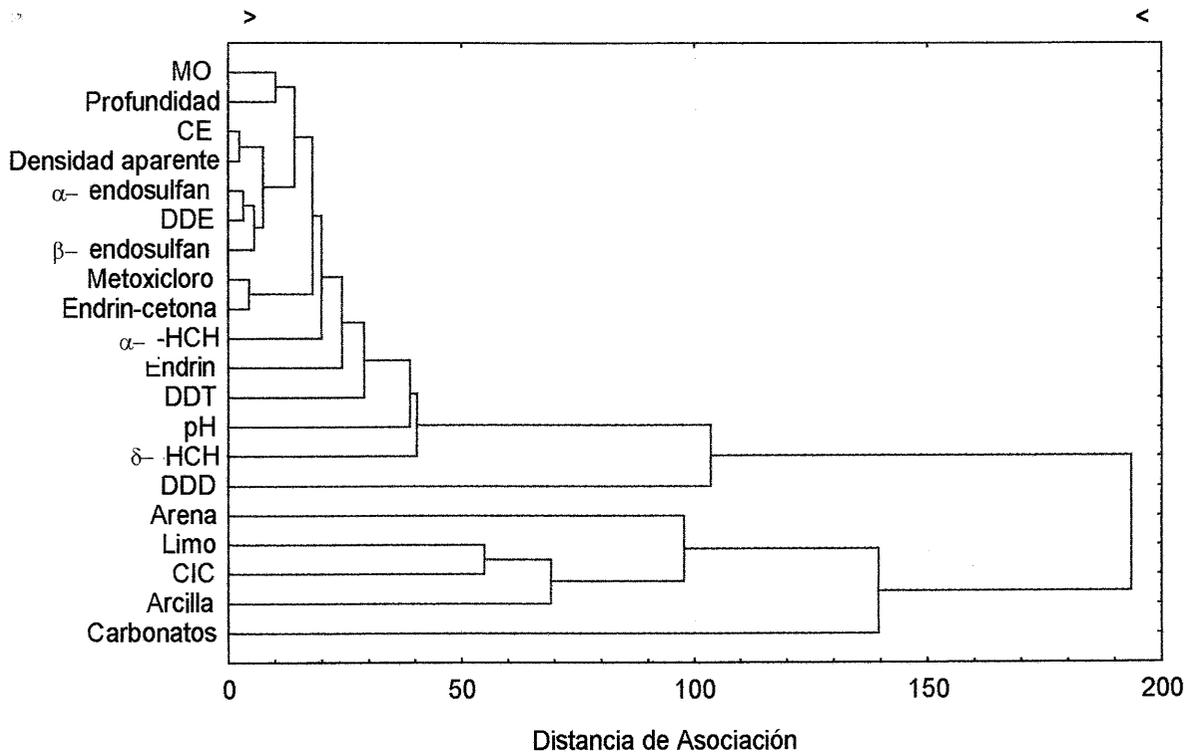


Figura 4.3 Dendograma de asociación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo.

Por lo que respecta al Análisis de Componentes Principales (Cuadro 4.4) en el factor dos que explica el 12.7 por ciento de la varianza se aprecia que ambos isómeros se asocian preferentemente con limo y en menor proporción con MO. Esto implica que al asociarse con el limo estos compuestos presentan limitaciones para su lixiviación lo que se aprecia más claramente en el Cuadro 1 donde al menos en la localidad dos se tiene en la profundidad 20-40 mayor cantidad de MO concordando además en estos sitios en que la textura es migajón arcillosa la cual tiene una mayor cantidad de limo.

Además esto concuerda con el dendograma del Análisis de Conglomerados (Figura 4.3) al asociar los isómeros de endosulfan con profundidad 20-40 y MO.

Metoxicloro

Este organoclorado únicamente se le encontró en la localidad cuatro estando presente en las 3 profundidades siendo notorio que la mayor concentración se ubica en el estrato 20-40, seguido del estrato 40-60 (Cuadro 4.2), en general este organoclorado es más afín al agua y por lo tanto esto pudiera explicar el porqué se tiene una mayor concentración en estratos bajos en función de la lixiviación.

En cuanto al análisis de los datos por Componentes Principales en referencia al factor cuatro que explica el 8.9 por ciento de la varianza obtenida que se observa en el Cuadro 4.4 que existe una mayor asociación entre este insecticida y carbonatos y por ende con el pH del suelo y menor con la Da y el limo, esto se explica en atención al Cuadro 4.1 donde se observa una mayor concentración de los carbonatos y del pH para esta localidad; a su vez la textura del suelo presenta mayor cantidad de limo.

En cuanto a la metodología de Análisis de Conglomerados nos muestra una asociación con profundidad y con MO, lo cual de nuevo concuerda con los datos presentados en el Cuadro 4.1.

DDT

Este organoclorado estuvo presente en la localidad dos, al igual que sus metabolitos DDE y DDD y en la tres sólo se detectó el DDD en cantidades altas y que en la localidad uno, siendo las mayores cantidades para un organoclorado reportadas para este trabajo (Cuadro 4.2).

En cuanto al DDT se registra la mayor concentración en el estrato 0-20 y en menores cantidades en el horizonte 40-60, no registrando el tóxico en el horizonte 20-40 posiblemente influenciado por el tipo de suelo que presenta mayor cantidad de limo (Cuadro 4.1), esto implica que por sus características lipofílicas tiende a moverse poco y permanecer en las capas superficiales por condición de la MO, lo que concuerda con Enfield y Bouchard (1987) pero además es poco degradado en este horizonte por la acción de microorganismos, ya que estos han sido reducidos en número por el gran uso de funguicidas en el tubérculo para prevenir desarrollo de enfermedades radiculares.

En cuanto al metabolito DDD en esta segunda localidad como ya se señaló se encuentra en mucha mayor cantidad en los horizontes inferiores especialmente en el 40-60 esto probablemente muy influenciado por la actividad microbiana que se intensifica en esta profundidad por ser el perfil menos afectado por plaguicidas que se utilizan en el cultivo de la papa, los que ordinariamente se ubican en las capas superficiales. Esto concuerda con estudios donde se reporta que el DDT es pasado a DDD por la acción de microorganismos como; *Aerobacter*,

Agrobacterium, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Nocardia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Rhodotorula*, *Serratia*, *Streptococcus* y *Streptomyces* entre otros, (Matsumura, 1976). Muchos de estos hongos y bacterias son habitantes naturales de los suelos, como ya se citó anteriormente, y otros son patógenos del mismo cultivo, por lo que a recurrir a su combate no participan en la degradación del DDT en las capas superficiales.

Por lo que concierne al DDE este metabolito al igual que el anterior (DDD) presenta mayores concentraciones en los horizontes inferiores casi en cantidades iguales pero menores que el DDD en el estrato 40-60, esto pudiera implicar que los factores que participan en la degradación del DDT a DDE son distintos a los del DDD. Es de enfatizar que en estos procesos degradativos se menciona una mayor participación de las condiciones alcalinas del suelo con salida de HCl (Matsumura, 1976) y por microorganismos (Brooks, 1976).

Por lo que corresponde al DDT en cuanto al análisis de factores que interaccionan con este insecticida por Componentes Principales, en el factor 3 que explica el 10.9 por ciento de la varianza se encontró que se correlaciona negativamente con la arcilla y con la CIC, lo que indica que a mayor concentración de estos parámetros menor será la presencia del DDT (Cuadro 4.4).

En cuanto al DDD al contrario del DDT se asocia con Da es decir con presencia de arcilla, pero sin olvidar como ya se discutió que además de la composición del suelo influyen los microorganismos, en el factor 5 del cuadro

4.4. A su vez el DDE usando el factor 2 del cuadro 4.4 implica una asociación ligera con limo.

Sin embargo es de recordar que en la localidad tres también se detectó en altas concentraciones el metabolito DDD en este caso en el horizonte superior y en el medio, esto definitivamente no parece concordar con lo ya discutido y pudiera estar en relación con el manejo del terreno con años anteriores donde quizá el uso para otros cultivos donde implicara menos uso de fungicidas pudiera haber permitido una mayor degradación del DDT a DDD. Estos datos a su vez permitirían inferir aplicaciones más recientes del insecticida dado que se concentran aún en las capas superficiales.

Es necesario considerar que no todos los productos en estudios son explicables en atención a que algunos isómeros se encontraron en localidades particulares como el α -HCH y el δ -HCH; el DDT con respecto a sus metabolitos y endrin con el endrin-cetona. Esto pudiera estar influenciado como ya en parte se comentó por los antecedentes de uso del terreno agrícola en relación a cultivos anteriores y manejo por lo tanto diferente al actual, lo que a su vez implicó el uso de diferentes plaguicidas. El manejo de suelos y de plaguicidas interacciona con la presencia de microorganismos que actúan sobre los organoclorados, lo que pudiera explicar la diferencia entre isómeros en las diversas localidades.

Por lo anterior sería conveniente realizar estudios de organoclorados con los diferentes microorganismos presentes en los suelos en estudio.

Asociación entre Organoclorados y su Persistencia en Suelos.

Tomando en cuenta el análisis de Componentes Principales se encuentran muy asociados el δ -HCH y el endrin explicado esto con un 26.7 por ciento de la varianza con la MO en otras palabras suelos ricos en este componente puede retener cantidades altas de estos tóxicos , lo anterior concuerda a su vez con el Análisis de Conglomerados (Cuadro 4.4 y Figura 4.3).

En cuanto a los productos α - endosulfan, β - endosulfan y DDE estos se asocian fuertemente en el factor 2 del análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados enfatizando con Da en particular con el limo. (Cuadro 4.4 y Figura 4.3).

En relación a los metabolitos α - HCH y DDD de acuerdo al factor 3 del Análisis de Componentes Principales se asocian con altos contenidos de arcilla y por lo tanto con CIC (Cuadro 4.4).

Por último los compuestos endrin cetona y metoxicloro al nivel del factor 4 del Análisis de Componentes Principales explica entre ellos una asociación , con una relación fuerte a los factores carbonatos y pH (Cuadro 4.4)

CONCLUSIONES

1. Se detectaron los siguientes insecticidas organoclorados y / o isómeros de los mismos; α - HCH, δ -HCH, endrin, endrin cetona, α - endosulfan, β - endosulfan, DDT, DDD, DDE y metoxicloro.
2. El metabolito con mayores concentraciones fue el DDD con 53.24 ng g^{-1} en el estrato 0-20, el DDT con 8.65 ng g^{-1} en el mismo horizonte. Los isómeros α - HCH y δ -HCH con 17.74 y 9.63 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El endrin y endrin cetona con 10.54 y 6.04 ng g^{-1} en el estrato 20-40, el α - endosulfan y β - endosulfan con 1.41 y 0.62 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El metoxicloro con 4.63 ng g^{-1} en el estrato 20-40. La mayor retención de organoclorados a excepción del DDT se registró en el horizonte 20-40.
3. El δ -HCH y el endrin se asocian con materia orgánica. El α - endosulfan , β - endosulfan y DDE se asocian con densidad aparente en particular con el limo. El α - HCH y DDD se asocian con altos contenidos de arcilla y capacidad de intercambio catiónico. El endrin cetona y metoxicloro se asocian con carbonatos y pH.

4. El uso de análisis multivariados como el de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados permite una mejor interpretación estadística de las interacciones entre factores físicos y químicos en relación a los residuos de organoclorados, cuando no existe un diseño experimental aplicable a los estudios.

RESUMEN

A falta de información que permita conocer sobre la existencia de residuos de insecticidas organoclorados en la región papera de Coahuila y Nuevo León, se consideró importante realizar la presente investigación que tuvo como objetivos, determinar la presencia y cantidad de residuos de insecticidas organoclorados y su relación con algunos factores físicos y químicos del suelo.

Se realizaron los muestreos de suelos de las cuatro localidades, durante el periodo comprendido de noviembre de 1998 a marzo de 1999.

Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico de color negro para ser transportadas a laboratorio de Pedología del Departamento de Suelos, donde se prepararon para realizar sus determinaciones físicas y químicas para las cuatro localidades durante los meses de mayo y junio de 1998. Así mismo, la extracción de los plaguicidas se realizó en el Laboratorio de Análisis de Forrajes del Instituto Mexicano del Maíz durante el periodo comprendido de octubre de 1999 a noviembre del 1999 para la localidad uno y para la dos, tres y cuatro se realizó de enero a mayo de 2000. Todos los análisis para la determinación de los plaguicidas fueron realizados en el cromatógrafo de gases del Laboratorio de Suelos de la Unidad Laguna.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante Análisis de Componentes Principales y por Análisis de Conglomerados.

En las cuatro localidades se encontraron residuos de insecticidas organoclorados en cantidades variables, se detectaron los siguientes y / o isómeros de los mismos; α -HCH, δ -HCH, endrin, endrin cetona, α -endosulfan, β -endosulfan, DDT, DDD, DDE y metoxicloro.

De las muestras analizadas, el metabolito con mayores concentraciones fue el DDD con 53.24 ng g^{-1} en el estrato 0-20, el DDT con 8.65 ng g^{-1} en el mismo horizonte. Los isómeros α -HCH y δ -HCH con 17.74 y 9.63 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El endrin y endrin cetona con 10.54 y 6.04 ng g^{-1} en el estrato 20-40 el α -endosulfan y β -endosulfan con 1.41 y 0.62 ng g^{-1} en el horizonte 20-40. El metoxicloro con 4.63 ng g^{-1} en el estrato 20-40. La mayor retención de organoclorados a excepción del DDT se registró en el horizonte 20-40.

El δ -HCH y el endrin se asocian con materia orgánica. El α -endosulfan, β -endosulfan y DDE se asocian con densidad aparente en particular con el limo.

El α -HCH y DDD se asocian con altos contenidos de arcilla y capacidad de intercambio catiónico. El endrin cetona y metoxicloro se asocian con carbonatos y pH.

LITERATURA CITADA

- Abbott, D.C., R.B. Harrison, J. O'G. Tatton, and J. Thomson. 1965. Organochlorine pesticides in the atmospheric environment. *Nature (London)* 208:1317-1318.
- Albert, A. L., y G. A. Molina. 1988. Curso básico de toxicología ambiental. Centro Panamericano de ecología humana y salud. Organización Panamericana de la salud. OMS. Ed. Limusa. Segunda edición 1988. pp 7-38.
- Albert, L., E. Aranda, J. F. Rincón y R., Loera. 1989. Situación de los plaguicidas en México y sus efectos en la salud y el medio ambiente. *Ecología*. Ed. Regina de los Ángeles S.A. México, D. F. 2:5. 25-39
- Alexander, M. and K. M. Scow. 1989. Kinetics of Biodegradation in Soil. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. USA. SSSA Special Publication p 243.
- Bentabol, A. and M. Jodral. 1995. Occurrence of organochlorine agrochemical residues in spanish cheeses. *Pesticide Science*. 44:177-182.
- Bordas, C.E. (1973). El empleo de los insecticidas agrícolas y la contaminación en el ambiente rural mexicano. Memoria de la primera reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental. Tomo II México, D. F. pp 1111-1115.
- Bordas, C. E. (1974). La contaminación por plaguicidas en México. Memoria del II simposio nacional de parasitología agrícola y primera reunión sobre plagas y enfermedades de las hortalizas. Mazatlán, Sin. pp 391-400.
- Boyd, S. A., D. M. Mark and L. Jiunn-Fwu. 1989. Chlorophenols in soils. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. USA. SSSA Special Publication No.22, pp 209-226.
- Brooks, G.T. 1976. Chlorinated Insecticides: Biological and environmental aspects. CRC press, Inc. Cleveland, Ohio. Vol II, p. 72.
- Carcel, R. F. 1989. Hydrologic proceses affecting the movement of organic chemical in soils. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI. USA.. SSSA Special Publication. p439.

- Chapman, R.K. and T.C. Allen. 1948. Stimulation and suppression of some vegetable plants by DDT. *J. Econ. Entomol.* 41:616-623.
- Chiou, C.T., P.E. Porter, and D.W. Schmedding. 1983. Partition equilibria of nonionic organic compounds, between soil organic matter and water. *Environ. Sci. Technol.* 17:227-231.
- Enfiel, C. G., and D.C. Bouchard. 1987. Transport processes involving organic chemicals. *In* agronomy Abstracts. ASA. Madison, WI. p273.
- Englehardt, G., P., W. Mucke, and G. Renner. 1986. Transformations of pentachlorophenol. II. Transformations under environmental conditions. *Toxicol. Environ. Chem.* 11:233-252.
- Esaac, E.G. and F. Matsumura. 1980a. Metabolism of insecticides by reductive systems. *Pharmac. Ther.* 9:1-26.
- Fernández, B.J. 1955. Pruebas de fungicidas para control del tizón tardío de la papa durante 1952, 1953 y 1954 en el valle de México. Tesis profesional. ESAAN. p 1-3.
- García, C. M. 1997. Evaluación de la contaminación del suelo por plaguicidas organoclorados. Caso de estudio: Comarca Lagunera. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Instituto de Recursos Naturales. Programa de Edafología, Montecillo, Estado de México. pp 53-61.
- García, G. F. 1986. Residuos de insecticidas organoclorados en suelos de la Comarca Lagunera, México. Tesis profesional. UACH. Departamento de Parasitología Agrícola. p 27.
- Glotfelty, D.E. 1987. The effects of conservation tillage practices on pesticides volatilization and degradation. *In* T.J. Logan *et al.* (ed) Effects of conservation tillage on groundwater quality: Nitrates and pesticides. Lewis Pub. Chelsea, Mi. pp 168-177.
- Glotfelty, D.E. and C.J. Schomburg. 1989. Volatilization of pesticides from soil. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI. USA. SSSA Special Publication No.22, pp181-204.
- Goring, C. A. 1962. Theory and principles of soil fumigation. *In* Metcalf (R:L). Advances in pest control research. Interscience Publishers, Inc. Nueva York. pp 47-84.
- Gowda, T.K.S. and N. Sethunathan. 1977. Endrin decomposition in soils as influenced by aerobic and anaerobic condition. *Soil Sci.* 124:5-9.

- Guan, H T. And K. Vijayaletchumy 1994. Determination of organochlorine pesticide residues in river sediments by Soxhlet extraction with Hexane- Acetone. Pestic. Sci. pp121-126.
- Guan, H T., H.G. Swee And K. Vijayaletchumy. 1991. Analysis of pesticide residues in Peninsular Malasyan waterways. Environmental Monitoring and Assessment. 19:469-479.
- Harmon, T. C., W. P. Ball, and P. V. Robert. 1989. Nonequilibrium transport of organic contaminants an ground water. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI. USA. Special Publication No.22. pp 405-434.
- Harris, C. I. and G.F. Warren. (1964). Adsorption and desorption of herbicides by soil. Weeds 12: 120-126.
- Hendricks, A.J., W.C. Ma, J.L. Browns, E.M. De Ruiten-Dijkman, R. Gast. 1995. Modelling and monitoring organochlorine and heavy metal accumulation in soils, earthworms and shrews in Rhine delta floodplains. Archives of Enviromental Contamination and Toxicology. 29:1. 115-127.
- Hutzler, N. J. and J.S. Gierke; L.C. Krause. 1989. Movement of volatile organic chemical in soils. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Special Publication No.22. Madison, WI. USA. pp 373-399
- Jabbar, A., M.S. Zafar, Z. Parveen and M. Ali.1993. Pesticide residues in cropland soils and shallow groundwater in Punjab, Pakistan. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 51:2. 268-273.
- Jiménez, M. J. F. 1997. Efecto de los virus X y S de la papa en el peso seco de la raíz y rendimiento en plantas de papa variedad Mundial bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Saltillo . Coahuila, México. p 1.
- Jukes, T. H. 1974. Insecticides in health, agriculture and environment. Naturwissenschaften 61:6-16.
- Kahn, P.C. , M. M. Gochfeld and M. Nygreen. 1998. Dioxins and dibenzofurans in flood and adipose tissue of agent orange-exposed Vietnam veterans and mached controls. Journal of American Medical Association. 259:1661-1667.
- Karickhoff, S.W. 1984. Organic pollutant sorption in aquatic system. J. Hidraul. Eng. 110:707-735.
- Keith, L.H. and W.A. Telliard. 1979. Priority pollutants. I. A perspective view. Environmental Sci. Technol. 13:416-423.

- Keith, H. L. 1991. *Compilation of EPA Sampling and Analysis Methods . Pesticides, Herbicides , PCBs, Dioxins and Furans*. De. Lewis publishers, Inc. pp 486-609.
- Klute, A. 1986. *Methods of Soils analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil*. American Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wis. USA. pp 383-409.
- Kuhn E. P. and Suflita J. M. 1989. Dehalogenation of pesticide by anaerobic microorganisms in soils and ground water. *Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. USA. Special Publication No.22. pp 111-169.
- Kumari, B., R. Singh, V.K. Madam, R. Kumar, T.S. Kathpal. 1996. DDT and HCH compounds in soils, ponds, and drinking water of Haryana, India. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 57: 5. 787-793.
- Kuwatsuka, S., and M. Igarashi (1975). Degradation of pentachlorophenol in soil. II. The relationships between the degradation of PCP and the properties of soils, and the identification of the degradation products of PCP. *Soil Sci. Plant Nutrition* 21:405-414.
- Li, G. C. y G. T. Felbeck, Jr. 1972. Aratrazine hidrolisis as catalysed by humic acids. *Soil Science*. 114 (3) 201-208.
- Mac Rae, I.C., Y. Yamaya, and T. Yoshida. 1984. Persistence of hexachlorocyclohexane isomers in soil suspensions. *Soil Biol. Biochem*. 16:285-286.
- Manly, B.F.J. 1986. *Multivariate statistical methods: A Primer*. Ed. Chapman y Hall. London. P 160.
- Martínez-Iñigo, M. J. and Almendros, G. 1992. Pesticide sorption on soils treated with evergreen oak biomass at different humification stages. *Soil Sci. Plant Anal*. 23:1717-1729.
- Matsumura, F. 1976. *Toxicology of insecticides*. 2nd printing, June 1976. Plenum Press, New York. pp 325-354.
- Mathur, S.P., and J.G. Saha. (1977). Degradation of lindane-¹⁴C in a mineral soil and in an organic soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 17:424-430.
- Narendra, P.A., T.G. Vijay, K. Mukesh and P.M. Satya. 1994. Organochlorine Insecticide Residues in Ganga River water Near Farrukhabad, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 30:2. 105-112.

- Naranjo, B. A. 1977. Persistencia de los plaguicidas en el medio ambiente (suelos). Memorias del V Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. México, D. F. pp199-209.
- Nash, G.R. 1984. Extraction of pesticides from environmental samples by steam distillation. Journal of the Association Official Analytical Chemistry. Agricultural Environmental Quality Institute Beltsville, U.S.A. 67(1) 199-203.
- National Academy of Sciences. 1978. Efectos de plaguicidas en la fisiología de frutas y hortalizas: Control de plagas y animales. Volumen VI. pp 2-36.
- Newland, L.W., G. Chesters, and G. B. Lee. 1969. Degradation of gamma-BHC in simulated lake impoundments as affected by aeration. J. Water Pollut. Control Fed.41:174
- O'Brien, H. M. 1990. Ecología. Ed. Regina de los Ángeles S.A. México, D. F. Ecología. Política/Cultura. 2:5.32-24.
- Parr, J.F. and S. Smith. 1976. Degradation of toxaphene in selected anerobic Soil Sci. 121:52-57.
- Paasivirta, J., J., K. Heinola, T. Humpi, A. Karjalainen, J. Knuutinen, K. Mantykoski, R. Pauku, T. Piilola, K. Surma-Aho, J. Tarhanen, L. Welling, H. Vihonena, and J. Sarkka. 1985. Polychlorinated phenols, guaiacols, and catechols in environment. Chemosphere 14:469-491.
- Probst, A.H. and R.T. Everly. 1957. Effect of soils insecticides on growth yield, and chemical composition of soybeans. Agron. Jour. 49:577-581.
- Reinert, H. K. 1989. Environmental Behavior of Aquatic Herbicides in Sediments. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wis. USA. Special Publication No.22. p 335.
- Reckendorfer, P. 1950. Arsenic damage. Pflsch. Ver. Wein. 4:1-10.
- Riise, G., , O.M. Eklo, O. Lode, M. N. Petterson. 1994. Mobility of Atrazine and ibenuron –metil in the soil water system lysimeter experiments. Contamination of pesticides from agriculture and industrial areas to soil and water. Norwegian journal of agriculture science. pp31-41.
- Sawhney, B. L. 1989. Movement of organic chemicals through landfill an hazardous waste disposal sites. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wis. USA. SSSA Special Publication No.22. p 447.

- Seybold, C.A., K. McSweeney, and B. Lowery. 1994. Atrazine adsorption in sandy soils of Wisconsin. *J. Environ. Qual.* 23: 1290-1297.
- Scott, D.J., Jr. and E.H. Karr. 1942. The influence of insecticides added to soil on growth and yield of certain plants. *J. Econ. Entomol.* 35:702-708.
- Sheets, T. J., A. S. Crafts, and H. R. Drever. 1962. Soil effects on herbicides, influence of soil properties on the phytotoxicities of the s-triazine herbicides. *Jour. Agr. Food Chem.* 10:458-462.
- Sladen, W. J. L., C.M. Menzie, and W.L. Reichel. 1966. DDT residues in Adele penquins and a crabeater seal from Antarctica. *Nature (London)* 210: 670-672.
- Soberanes, M.M., 1977. Consumo nacional de plaguicidas. *Memorias del V Simposio nacional de Parasitología Agrícola.* México, D. F. p 169-173.
- Spencer, W.F. and M.M. Cliath. 1974. Factors affecting vapor loss of trifluralin from soil. *J. Agriculture Food. Chem.* 22:987-991.
- SPP, 1983. Síntesis geográfica de Coahuila. Dirección general de geografía. México D.F. pp 3-11.
- Stephen, A. B., M.D. Mikesell, y J.F. Lee. 1989. Chlorophenols in Soils. Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, Special Publication No.22. USA pp 209-225.
- Svensson, B., G.A. Nilsson and M. Hansson. 1991. Exposure to dioxins and dibenzofurans through the consumption of finish. *New England Journal of Medicine.* 324 (1) 8-12.
- Sullivan, J. D. Jr. and G. T. Felbeck, Jr. 1968. A study of the interaction of s-triazine herbicides with humic acids from three different soils. *Journal Soil Science* 106 (1) 42-50
- Suntio, L.R., W.Y. Shiu, D. Mackay, J.N. Seiber, and D.E. Glotfelty. 1988. A critical review of Henry's Law constants for pesticides. *Rev. Environ. Contam. Toxicology* 103:1-59.
- Takre, S. K. 1973. Accumulation and distribution of chlorinated insecticides in soil and their effects in plants. *Pesticides.* College of Agriculture Parbhani, India. 7(5) 25-29
- Unidad de clasificación FAO/UNESCO. Modificada por CETENAL. *Cartas Edafológicas* No. G14C44 Huachichil y G14C45 San Rafael.
- Vojinovic, V., Z. Peric, L., Stajanovic, A., Zobel, D., Matijenic. 1980. Pollution of the soils of Serbia (agricultural land and orchards) with pesticides. *Zastita Bilja.* Zemun, Yugoslavia. 31(4)379-385

- Weber J. B. and S. B. Weed. 1974. Effect of soil on the biological activity of pesticides. In. W. D. Guenzi. Pesticides in soil and water. SSSA, Madison, WI. pp. 223-225.
- Weber J. B. and C. T. Miller. 1989. Organic chemical movement over and through soil, Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil, Soil Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wis. USA. Special Publication No.22. 305-329.
- White, T E., F.G. Herndon, R. F. Wukash. 1996. Evaluation of anaerobic treatment for bioremediation of pesticide contaminated soil. Proceeding of the 50th Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. pp 41-48.
- Wolfe, N.L., R.G. Zepp, D.F. Paris, G.L. Baughman, and R.C. Hollis. 1977. Methoxichlor and DDT degradation in water rates and products. Environ. Sci. Technol. 11:1077-1081.
- Zheng, S. Q. and J. F. Cooper. 1996. Adsorption, desorption and degradation of three pesticides in different soils. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 30: 1. 15-20.
- Zielke, C. R., T. J. Pinnavaia and M.M. Mortland. 1989. Adsorption and reactions of selected organics molecules on clay mineral surfaces. . Reactions and Movement of Organic Chemical in Soil. Soil Society of America and American Society of Agronomy, SSSA Special Publication No.22. p 81.

APÉNDICE

Cuadro A.1 Resultados de los análisis físicos y químicos de la localidad 1

No. de Muestra	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	CE (ds-m-1)	Textura			Clase Textural	CIC meq/100g	CO3 (%)	Da (g/cm ³)
					Arena	Limo	Arcilla				
1	0-20	3.07	7.2	0.6	32.5	21.6	45.9	Arcilloso Migajón	29.09	11.67	1.16
1	0-20	3.82	7.2	0.55	45	25.9	29.1	Arcilloso	22.19	17.74	1.11
1	0-20	3.92	7.1	0.55	25	27.5	47.5	Arcilloso	31.59	17.74	1.11
1	0-20	4.73	7.1	0.425	50	27.5	22.5	Migajón arenoso-arcilloso	20.71	18.68	1.13
2	20-40	4.53	7	0.59	42.5	30	27.5	Migajón arcilloso	22.81	19.15	1.13
2	20-40	3.22	7	0.6	23.4	29.1	47.5	Arcilloso	30.19	19.15	1.08
2	20-40	4.53	7.1	0.475	25	26.6	48.4	Arcilloso	33.26	19.61	1.11
2	20-40	4.18	7.1	0.52	42.5	31.6	25.9	Migajón arcilloso	21.31	21.95	1.11
3	40-60	4.23	7.1	0.59	28.4	31.6	40	Migajón arcilloso	28.46	25.69	1.08
3	40-60	3.67	7.2	0.71	30	51.6	48.4	Arcilloso-limoso	31.54	23.35	1.08
3	40-60	3.47	7.2	0.51	30	32.5	37.5	Migajón arcilloso	25.69	24.75	1.08
3	40-60	3.87	7.2	0.475	25	27.5	47.5	Arcilloso	31.49	24.28	1.08

Cuadro A.2 Resultados de los análisis físicos y químicos de la localidad 2

No. de Muestra	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	CE (ds-m-1)	Textura			Clase Textural	CIC meq/100g	CO3 (%)	Da (g/cm ³)
					Arena	Limo	Arcilla				
4	0-20	3.57	7.2	0.9	45.9	31.6	22.5	Migajón	18.37	17.28	1.11
4	0-20	3.27	7.2	0.99	45	30	25	Migajón	19.04	17.74	1.11
4	0-20	3.22	7.2	0.95	22.5	30	47.5	Arcilla	30.19	17.28	1.13
4	0-20	3.37	7.2	0.7	38.4	36.6	25	Migajón	19.24	17.28	1.13
5	20-40	3.02	7.3	0.8	35.9	34.1	30	Migajón Arcilloso	21.04	18.68	1.13
5	20-40	3.92	7.3	0.65	43.4	31.6	25	Migajón	20.34	16.81	1.08
5	20-40	4.13	7.2	0.9	45.9	26.6	27.5	Migajón Arcilloso	22.01	19.61	1.13
5	20-40	4.28	7.2	0.65	20.9	31.6	47.5	Arcilla	32.31	19.15	1.11
6	40-60	3.62	7.2	0.71	30	27.5	42.5	Arcilla	28.49	20.55	1
6	40-60	3.62	7.2	0.8	35	32.5	32.5	Migajón Arcilloso	23.49	19.61	1
6	40-60	3.57	7.3	0.75	30	27.5	42.5	Arcilla	28.39	21	1.02
6	40-60	3.47	7.2	0.7	25	27.5	47.5	Arcilla	30.69	20.08	1.02

Cuadro A.3 Resultados de los análisis físicos y químicos de la localidad 3

No. de Muestra	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	CE (ds-m-1)	Textura			Clase Textural	CIC meq/100g	CO3 (%)	Da (g/cm ³)
					Arena	Limo	Arcilla				
7	0-20	3.69	7.1	1.9	26,6	32.5	40.9	Arcilla	27.9	26.15	1.11
7	0-20	3.64	7.1	1.9	37.5	37.5	35	Migajón	19.7	26.15	1.36
7	0-20	3.75	7.2	1.75	21.6	37.5	40.9	Arcilla	27.9	27.09	1.11
7	0-20	3.59	7.2	1.7	50	30	20	Migajón	17	26.62	1.13
8	20-40	3.04	7.2	1.25	45	30	25	Migajón	18.5	28.02	1.04
8	20-40	3.75	7.2	1.3	22.5	27.5	50	Arcilla	32.5	31.29	1.04
8	20-40	3.53	7.2	1.21	37.5	27.5	35	Migajón Arcilloso	24.5	29.89	1.04
8	20-40	3.37	7.1	1.4	37.5	32.5	30	Migajón Arcilloso	21.6	24.75	1.02
9	40-60	2.99	7.2	1.3	22.5	26.6	50.9	Arcilla	31.2	27.09	1.02
9	40-60	2.77	7.2	1.4	36.6	33.4	30	Migajón Arcilloso	20.4	28.49	1.02
9	40-60	2.77	7.1	1.35	42.5	26.6	30.9	Migajón Arcilloso	20.8	28.49	1.06
9	40-60	3.48	7.1	1.25	15	30	55	Arcilla	34.3	28.49	1.02

Cuadro A.4 Resultados de los análisis físicos y químicos de la localidad 4

No. de Muestra	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	CE (ds-m-1)	Textura			Clase Textural	CIC meq/100g	CO3 (%)	Da (g/cm ³)
					Arena	Limo	Arcilla				
10	0-20	2.39	7.4	1.6	49.1	22.5	28.4	Migajón Arcillo	18.98	74.27	1.19
10	0-20	2.23	7.4	1.7	45	21.6	33.9	Migajón Arcillo	21.16	68.66	1.19
10	0-20	2.23	7.4	1.5	34.1	30	35.9	Migajón Arcillo	22.41	71.93	1.19
10	0-20	2.55	7.4	1.35	45	25	30	Migajón Arcillo	20.1	72.87	1.19
11	20-40	2.77	7.4	1.4	45	30	25	Migajón	18.04	68.66	1.19
11	20-40	3.15	7.4	1.5	45	29.1	25.9	Migajón	19.25	71.93	1.16
11	20-40	3.2	7.3	1.4	44.1	27.5	38.4	Migajón Arcilloso	20.6	72.87	1.16
11	20-40	2.82	7.3	1.4	42.5	32.5	27	Migajón Arcilloso	19.14	71.47	1.19
12	40-60	3.59	7.4	1.6	50	27.5	22.5	Migajón Areno-Arcilloso	18.43	65.93	1.16
12	40-60	3.75	7.4	1.6	45	25	30	Migajón Areno-Arcilloso	22.5	64.93	1.16
12	40-60	3.64	7.4	1.5	42.5	37.5	20	Migajón	17.28	64.93	1.19
12	40-60	3.53	7.4	1.425	45	27.5	27.5	Migajón	20.81	63.06	1.16

Cuadro A.5 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Wakaponeta) profundidad: 0–20 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH												
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH	2.31	17.126	9820	2.5	1.05	17.135	26981	2.5	0.93	17.122	42463	2.5
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin	1.96	20.998	78178	4.2	1.95	21.024	139243	4.2	1.93	21.009	87914	4.1
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.6 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Wakaponeta) profundidad: 20-40 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	ppm	Repetición 1			ppm	Repetición 2			ppm	Repetición 3		
		T. reten. (min.)	Área	Amplitud		T. reten. (min.)	Área	Amplitud		T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH												
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH	0.33	17.117	37668	2.7	3.43	17.130	360774	2.6	25.04	17.125	556709	2.7
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin	1.84	21.001	209920	4.1	1.86	21.011	195925	4.3	1.35	21.023	120684	4.1
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.8 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho El Amanecer) profundidad: 0–20 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH												
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α					1.47	18.588	8190	2.7				Datos Perdidos
4,4´DDE					3.15	19.663	17566	2.8				
Deildrin												
Endrin												
4,4´DDD					4.11	22.281	22953	4.2				
Endosulfan β					3.61	22.986	20182	3.9				
4,4´DDT	23.99	23.052	465715	0.0								
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.9 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho El Amanecer) profundidad: 20-40 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3					
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH					0.91	8.857	58826	3.4				
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α					0.84	18.568	54246	3.6				
4,4'DDE					1.03	19.649	66651	4.3				
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD					0.75	22.253	48462	8.8				
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.10 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho El Amanecer) profundidad: 40-60 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	ppm	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3				
		T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH					0.74	8.865	128745	9.5				
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α					5.81	18.588	3179	2.5				
4,4'DDE					0.32	19.881	56623	5.8				
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD					1.31	22.266	228848	4.6				
Endosulfan β					0.45	22.476	79125	9.9				
4,4'DDT					0.50	23.447	86825	5.4				
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.11 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho El Cuije) profundidad: 0-20 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH	0.21	12.608	7676	0.0	0.38	12.600	11730	0.0	0.39	12.658	14907	0.0
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α	1.00	18.571	14490	2.7	1.47	18.767	45543	0.0				
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD	0.72	18.456	26030	0.0	1.72	18.459	34391	7.0	0.42	18.469	67218	0.0
Endosulfan β	1.38	18.771	49799	0.0	2.16	18.773	43.229	0.0				
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.13 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho El Cuije) profundidad: 40-60 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	ppm	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3				
		T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH	2.92	12.628	1842	3.8		-----				-----		
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.14 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Huachichil II) profundidad: 0-20 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	ppm	Repetición 1			ppm	Repetición 2			ppm	Repetición 3		
		T. reten. (min.)	Área	Amplitud		T. reten. (min.)	Área	Amplitud		T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH												
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro	0.95	20.87	1011	2.9								
Endrin cetona												

Cuadro A.15 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Huachichil II) profundidad: 20-40 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH	0.05	12.682	5138	0.0								
γ -HCH												
β -HCH												
Heptacloro												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro	0.91	21.152	66782	6.8								
Endrin cetona	2.71	21.725	25868	6.7								

Cuadro A.16 Resultados de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Huachichil II) profundidad: 40-60 cm en tres repeticiones.

Plaguicida	ppm	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3				
		T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α -HCH												
γ -HCH												
β -HCH												
Heptaclo												
δ -HCH												
Aldrin												
Heptaclo epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro					0.09	20.879	12114	0.0	0.07	20.835	7776	0.0
Endrin cetona					0.40	21.749	52.697	6.5	0.64	21.775	39.060	5.6

Cuadro A.17 Medias de valores resultantes de los cromatogramas de la localidad 1 (Rancho Wakaponeta).

Plaguicida	Medias de la profundidad 0 - 20 cm.				Medias de la profundidad 20 - 40 cm.				Medias de la profundidad 40-60 cm.			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH												
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH	1.43	17.127	26421	2.5	9.6	17.124	318383.6	2.66	2.25	11.37	60305.3	1.76
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin	1.94	21.01	101778.3	4.16	1.68	21.01	175509.6	4.16	0.96	21	72328.6	4.13
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.18 Medias de valores resultantes de los cromatogramas de la localidad 2 (Rancho El Amanecer).

Plaguicida	Medias de la profundidad 0 - 20 cm.				Medias de la profundidad 20 - 40 cm.				Medias de la profundidad 40-60 cm.			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH					0.303	2.952	19608.6	1.133	0.246	2.955	42915	3.16
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α	0.49	6.191	2730	0.9	0.28	6.189	18082	1.2	1.93	6.196	1059.6 6	0.83
4,4'DDE	1.05	6.55	5855.3	0.93	0.343	6.549	22217	1.43	0.106	6.627	18874. 3	1.93
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD	1.37	7.427	7651	1.4	0.25	7.417	16154	2.93	0.43	7.422	76282. 6	1.53
Endosulfan β	1.20	7.66	6727.3	1.3					0.15	7.492	26375	3.3
4,4'DDT	7.99	7.68	155228	0.0					0.16	7.815	28941. 6	1.8
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.19 Medias de valores resultantes de los cromatogramas de la localidad 3 (Rancho El Cuije).

Plaguicida	Medias de la profundidad 0 - 20 cm.				Medias de la profundidad 20 - 40 cm.				Medias de la profundidad 40-60 cm.			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH	0.32	12.622	11437.6	0.0	0.79	12.78	33653.6	1.16	0.97	4.209	614	1.26
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α	0.82	12.44	20011	0.9								
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD	0.95	18.461	42546.3	2.33	0.23	12.29	9995.3	1.63				
Endosulfan β	1.18	12.51	31009.3	0.0	0.146	6.25	33358.3	1.83				
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro												
Endrin cetona												

Cuadro A.20 Medias de valores resultantes de los cromatogramas de la localidad 4 (Rancho Huachichil II).

Plaguicida	Medias de la profundidad 0 - 20 cm.				Medias de la profundidad 20 - 40 cm.				Medias de la profundidad 40-60 cm.			
	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud	ppm	T. reten. (min.)	Área	Amplitud
α-HCH					0.016	4.22	1712.6	0.0				
γ-HCH												
β-HCH												
Heptacloro												
δ-HCH												
Aldrin												
Heptacloro epox.												
Endosulfan α												
4,4'DDE												
Deildrin												
Endrin												
4,4'DDD												
Endosulfan β												
4,4'DDT												
Endrin aldehido												
Endosulfan sulfato												
Metoxicloro	0.31	6.95	337	0.96	0.3	7.05	22260.6	2.26	0.053	13.9	6630	0.0
Endrin cetona					0.90	7.24	85956	2.27	0.34	14.5	30585.	4.03
											6	

Cuadro A.21 Concentración de los cálculos para la determinación de Plaguicidas en el Suelo

Plaguicidas	Área de las muestras			Áreas del estándar	Resultados de Cálculo (ng gr ⁻¹)		
	Profundidad (cm)				Profundidad (cm)		
	0-20	20-40	40-60		0-20	20-40	40-60
R a n c h o W a k a p o n e t a							
δ-BHC	26421	318383.6	60305.3	35894	1.47216805	17.74021285	3.360188332
Endrin	101778.3	175509.6	72328.6	33287	6.115198125	10.54523388	4.345756602
R a n c h o e l A m a n e c e r							
Endosulfan α	2730	18082	1059.66	25468	0.214386681	1.419978012	0.083215015
4,4'DDE	5855.3	22217	18874.3	34421	0.340216728	1.290897998	1.096673542
4,4'DDD	7651	16154	76282.6	32650	0.468667688	0.989525268	4.67274732
Endosulfan β	6727.3		26375	32888	0.409103624		1.603928485
4,4'DDT	155238		28941.6	35883	8.652453808		1.613109272
R a n c h o e l C u i j e							
α-BHC	11437.6	53653.6	614	11138	2.053797809	9.634332914	0.110253187
Endosulfan α	20011			92010	0.434974459		
4,4'DDD	42546.3	9995.3		1598	53.2494368	12.5097622	
Endosulfan β	31009.3	33358.3		107110	0.579017832	0.622879283	
R a n c h o H u a c h i c h i l l							
α-HCH		1712.6		11138		0.307523792	
Metoxicloro	337	22260.6	6630	9601	0.070201021	4.637141964	1.381106135
Endrin cetona		85956	30585.6	28422		6.048553937	2.152248258