

D.L.
01
T(539)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO SOBRE LOS NIVELES
DE RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS EN SUELOS BAJO
CULTIVO DE ALGODON EN TOLUSA, ESCUATLA"



EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, MAYO DE 1984

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
VOCAL 1o.:	ING. AGR. OSCAR R. LEIVA RUANO
VOCAL 2o.:	ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.
VOCAL 3o.:	ING. AGR. ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL 4o.:	PROF. HEBER ARANA
VOCAL 5o.:	PROF. LEONEL ARTURO GOMEZ
SECRETARIO:	ING. AGR. RODOLFO ALBIZUREZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL

EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. ANTONIO A. SANDOVAL S.
EXAMINADOR:	ING. AGR. SALVADOR CASTILLO O.
EXAMINADOR:	ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ G.
EXAMINADOR:	ING. AGR. MANUEL MARTINEZ O.
SECRETARIO:	ING. AGR. CARLOS R. FERNANDEZ P.

Guatemala, mayo de 1984.

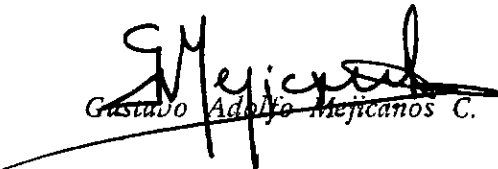
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con las normas establecidas en la LEY ORGANICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, someto a su consideración el trabajo de tesis titulado:

"ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO SOBRE LOS NIVELES DE RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS EN SUELOS BAJO CULTIVO DE ALGODON EN TIQUISATE, ESCUINTLA".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Gustavo Adolfo Mejicanos C.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

14 de mayo de 1984.

Señor Decano
Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Facultad de Agronomía
Edificio T-9.

Señor Decano:

En atención a la designación que esa Decanatura me hiciera, comunico a usted que he asesorado al estudiante Gustavo Adolfo Mejicanos Cabrera, en la ejecución del trabajo de tesis titulado:

"ESTUDIO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO SOBRE LOS NIVELES DE RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS EN SUELOS BAJO CULTIVO DE ALGODON EN TIQUISATE, ESCUINTLA".

Considero que dicho trabajo es un aporte sumamente importante que vendrá a enriquecer las investigaciones que sobre pesticidas clorados se realizan, y que son muy escasas en nuestro medio. En tal sentido recomiendo el mencionado trabajo para su aprobación e impresión; ya que cumple con los requisitos que establece la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Negli Gallardo
Asesor.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MARIA AUXILIADORA

A MIS PADRES

EDUARDO MEJICANOS LOPEZ

ROSA AMALIA CABRERA DE MEJICANOS

Con eterna gratitud

A MIS HERMANOS

HUGO EDUARDO

LUIS ALBERTO

EDGAR LEONEL

MARCO ANTONIO

CON AMOR A

LETTY SAMAYOA

A MIS AMIGOS EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO.

A: GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

*A: LAS PERSONAS Y/O INSTITUCIONES DEDICADAS A LA PROTECCION
DEL AMBIENTE.*

CONTENIDO

	Página
— RESUMEN	i
— INTRODUCCION	1
— ANTECEDENTES	3
— JUSTIFICACIONES	4
— DEFINICION DEL PROBLEMA	5
— OBJETIVOS	8
— REVISION BIBLIOGRAFICA	9
I Resumen Histórico del Uso de Pesticidas	9
II Clasificación de los Pesticidas	11
1. Según el Mecanismo Tóxico	11
2. Según el Uso	11
3. Según la Composición Química	12
III Antecedentes de los Pesticidas	12
1. Orgánicos	12
1.1 Organoclorados	13
1.1.1 Generalidades	13
1.1.1.1 Los Hidrocarburos Clorados son Venenos Universales	13
1.1.1.2 Los Hidrocarburos Clorados se degradan lentamente	14
1.1.1.3 Los Hidrocarburos Clorados son solubles en grasa	14
1.1.2 Organoclorados Derivados del Etano	14
1.1.3 Hexaclorociclohexanos (HCH's)	15
1.1.4 Ciclodienos	15
1.1.5 Fumigantes	16

	Página
1.2 Organofosfatos	16
1.3 Carbamatos	17
2. Inorgánicos	17
2.1 Arsenicales	18
2.2 Fluorados	18
2.3 Mercuriales	18
2.4 Azufrados	18
IV Contaminación Ambiental	19
1. Generalidades	19
2. Clasificación de la contaminación	19
2.1 De acuerdo al medio que contaminan	19
2.1.1 Contaminación del Aire	19
2.1.2 Contaminación del Agua	20
2.1.3 Contaminación del suelo	21
2.1.4 Contaminación Radioactiva	22
2.2 De acuerdo a sus características de degradabilidad o no	22
2.2.1 Contaminantes degradables	23
2.2.2 Contaminantes no degradables	23
V Aumento en el Uso de Pesticidas	24
1. En la Salud Pública	24
2. En la Agricultura	25
VI Acumulación Biológica de los Pesticidas	27
1. Procesos involucrados en la Acción Química	27
1.1 Interacción con el medio ambiente	27
1.2 Interacción con el límite del organismo	27

	Página
1.3 Transferencia intracelular	28
1.4 Acción intercelular del producto químico	28
2. Propiedades físico-químicas y comportamiento ambiental	29
2.1 Solubilidad en agua	29
2.2 Coeficiente de partición	29
2.3 Hidrólisis	29
2.4 Presión de vapor	29
2.5 Calor latente de solución	29
3. Acumulación de los Pesticidas en los Organismos	29
VII Impacto Ecológico del uso de los Pesticidas	31
1. Impacto de los pesticidas en la fase aire	32
1.1 Generalidades	32
1.2 Arrastre de los Plaguicidas a las áreas fuera del objetivo	33
1.2.1 Condiciones del microtiempo	34
1.2.1.1 La dirección del viento	34
1.2.1.2 La turbulencia atmosférica	34
1.2.2 Tipos de boquillas o surtidores	34
1.2.3 Formulación de aspersiones	34
2. Impacto de los Pesticidas en la Fase Suelo y Agua	34
3. Impacto de los pesticidas en la Fauna y Flora	37
3.1 Relación Pesticida-Suelo-Planta	37
3.2 Relación Pesticida-Planta-Animal	38
3.2.1 Efectos en los cultivos	38
3.2.2 Efectos en los animales	39

	Página
— DESCRIPCION DEL AREA ESTUDIDADA	43
— MATERIALES Y METODOS	44
— Metodología	44
— Muestreo	44
— Preparación de la Muestra para análisis de laboratorio	46
— Extracción de Insecticidas	46
— Limpieza del extracto	47
— Columna de Florisil	47
— Segunda limpieza por medio de columna MgO – Celite	48
— Método final	49
— Materiales:	49
— De campo	49
— De gabinete	49
— De laboratorio	50
— Preparación de la muestra	50
— Extracción	50
— Columna de Florisil	51
— Limpieza por medio de Columna MgO – Celite	51
— Reactivos:	52
— Extracción	52
— Columna de Florisil	52
— Limpieza por Columna MgO – Celite	52
— RESULTADOS	53
— DISCUSION DE RESULTADOS	62
— CONCLUSIONES	68

— **BIBLIOGRAFIA**

69

— **APENDICE**

RESUMEN

El presente estudio a nivel de reconocimiento sobre los niveles de residuos de pesticidas clorados en suelos bajo cultivo de algodón, se efectuó en Tiquisate-Escuintla. Dado el nivel de estudio y el alto costo de análisis de laboratorio, el trabajo fue restringido a una sola finca. Con el objeto de establecer comparaciones, se muestrearon suelos sembrados con sorgo, de la misma finca, además se muestrearon suelos sin historial de uso agrícola, en el parcelamiento de "La Nueva Concepción". El objetivo del trabajo es aportar información sobre los niveles en que se encuentran los residuos de pesticidas organoclorados, en suelos bajo cultivo de algodón, así como la relación que presentan a través del estrato del perfil de suelo.

Las muestras recolectadas, fueron llevadas a los laboratorios del ICAITI, donde se les aplicó procedimientos en la extracción, limpieza, identificación y cuantificación de residuos de pesticidas, siendo el método aplicado el de Cromatografía de Gas y Líquido. Los residuos encontrados fueron: DDE (Diclodifenil-dicloro-etileno), DDD (Dicloro-difenil-dicloroetano), DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano), Dieldrín y Endrín. Los residuos encontrados presentan un gradiente de concentración que va de mayor a menor, a medida que la muestra procede de un estrato más profundo.

Se presenta una amplia discusión de los resultados encontrados, la cual comprende la cinética química de los productos liberados en los campos de cultivos, el efecto sobre la fauna y flora microbiana de los suelos. Se discute la factibilidad de que los pesticidas llevados a los suelos, lleguen al agua subterránea y consecuentemente al agua de los pozos, arroyos y de los mares; así como el paso de los residuos presentes en esas aguas, a través de toda la cadena trófica y sus efectos. Por otro lado, se discute la posible ruta de los pesticidas presentes en los suelos, hacia los productores vegetales, consumidores animales y su evidente ruta hasta llegar al hombre.

INTRODUCCION

En Guatemala existe un complejo problema ambiental como consecuencia del uso de plaguicidas en la producción de algodón, el cual está interrelacionado con la economía, salud, bienestar humano, así como con la calidad ambiental.

Existe difusión de los residuos de pesticidas a través de los alimentos y el agua. Por el contacto con los pesticidas se dan intoxicaciones, existe también correlación entre el uso de plaguicidas en el algodón y el aumento de la malaria; la misma producción de algodón está pasando por lo que Smith denomina etapa de "Crisis", ya que son necesarias frecuentes aplicaciones de plaguicidas que ven mermada su eficacia a medida que la resistencia de las poblaciones de insectos se hace más generalizada, lo que consecuentemente reduce las utilidades de la producción de algodón.

Dado el hecho de que en Guatemala no se han realizado evaluaciones sobre la contaminación de residuos de pesticidas en los suelos, el presente estudio pretende aportar información sobre los niveles en que se encuentran los residuos de pesticidas en suelos bajo cultivo de algodón. Para lo cual el estudio se realizó en la finca "La Libertad", ubicada en las inmediaciones del kilómetro 175 de la carretera que conduce de Tiquisate a la playa del Semillero.

El nivel del estudio es de reconocimiento, debido al costo del análisis de laboratorio, el porcentaje de muestreo es del cinco por ciento, restringido a una sola finca del sector algodonero. La extensión de la finca sembrada con algodón en la temporada 1983-84 fue de 300 manzanas, por lo que se recolectaron 15 muestras a tres diferentes profundidades. La razón por la cual se recolectaron muestras a tres diferentes profundidades, es la de evaluar el grado de arrastre de los pesticidas a estratos inferiores del perfil del suelo.

Con el objeto de tener datos con los cuales comparar los resultados obtenidos en las muestras del área algodonera, se recolectaron otras muestras en suelos no sembrados con

algodón. Por estar rodeada de cultivo de algodón la finca sujeto de estudio, no se recolectaron muestras en las fincas adyacentes, pero sí se recolectaron dos muestras a cada profundidad dentro del área de la finca sembrada con sorgo. Además se recolectaron dos muestras a cada profundidad en suelos sin historial de aplicación de pesticidas, alejados de la zona algodonera, en una parcela de la nueva concepción. Lo anterior implica que además de las 45 muestras recolectadas en el área algodonera, se recolectaron 12 muestras más, para totalizar 57 muestras.

Las muestras de suelos fueron llevadas a los laboratorios del Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial, donde se le aplicaron métodos de extracción, limpieza, identificación y cuantificación de los residuos de pesticidas. El método que se aplicó es el de Cromatografía de Gas y Líquido, metodología que tiene un alto costo por muestra, pero que mediante la colaboración de las autoridades del ICAITI se logró reducir. Los costos de análisis de las muestras son el principal limitante para la intensidad de muestreo.

Los resultados del laboratorio confirmaron la presencia de pesticidas residuales clorados estableciendo un gradiente de concentración que va de mayor a menor, a medida que la muestra procede de un estrato más profundo.

ANTECEDENTES

1. En Guatemala, las escasas restricciones gubernamentales relativas al uso agrícola de pesticidas, la creencia de que la mezcla de varios pesticidas aumentaba su eficiencia, la aplicación de plaguicidas bajo un sistema calendario; son factores que han aumentado la resistencia de las poblaciones de insectos a los plaguicidas, el número de plagas y el número de dosis de aplicaciones por temporada.

El nivel de uso de pesticidas llegó a 50 kg. de ingrediente activo (I.A.) por hectárea en la temporada de 1971-1972. Para la temporada de 1974-1975, los niveles alcanzaron 80 kg. de I.A./Ha. El número de aplicaciones ha aumentado a 35 y en unos casos ha llegado hasta 40.

2. La producción de maíz es afectada por el uso de plaguicidas en el algodón, al causar ruptura en el equilibrio biológico, lo que ha permitido el desarrollo de poblaciones de Dalbulus maidens, vector de un micoplasma en el maíz.

3. Se ha encontrado que el Anopheles albimanus (vector de la malaria) es resistente a gran cantidad de plaguicidas usados en el algodón; la resistencia de éste al DDT, según estudios, aumentó del 58 al 86o/o entre 1972 y 1975.

Se ha determinado que en El Salvador, la incidencia de malaria aumentó de 33,000 casos en 1973 a unos 66,000 casos en 1974.

4. Se ha encontrado en la leche que se produce en las zonas algodonerías de Centroamérica, alta contaminación con DDT y otros plaguicidas clorados; los residuos han registrado un promedio de 20 ppm y han alcanzado un margen de 100 ppm. En E.U.A., el nivel admisible para leche es de 0.05 ppm.

5. En la costa sur de Guatemala, se ha determinado que la cantidad de DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) en la leche materna, fluctúa entre 0.342 y 12.2 ppm. La máxima ingesta diaria admisible de DDT y derivados propuesta por FAO/OMS es de 0.01 ppm.

JUSTIFICACIONES

De acuerdo a los antecedentes, la contaminación ambiental es un tema de constante actualidad e interés colectivo debido a su alta incidencia, que provoca un elevado desequilibrio en el ambiente, así como por sus efectos indeseables para el hombre.

Debido a que la contaminación se ha estudiado con mayor énfasis en lo que respecta a los medios atmósfera y agua, el presente trabajo pretende aportar más conocimiento al respecto de lo que concierne al suelo, tomado como importante y necesario debido a lo expuesto en antecedentes.

DEFINICION DEL PROBLEMA

En la década de 1950-60 se inició en Guatemala el cultivo intensivo del algodón, época en la cual aparecieron en el mercado nacional una gran variedad de plaguicidas organosintéticos que facilitaron el control de las plagas, haciendo el cultivo del algodón más económico y más eficiente y convirtiéndolo en una empresa atractiva. Las áreas bajo cultivo empezaron a crecer; en esta fase eran necesarias unas ocho aspersiones de pesticidas por temporada.

En la siguiente década (1960 - 70) aparecieron en el mercado nacional nuevos plaguicidas organosintéticos, especialmente organofosfatos y carbamatos. Las escasas restricciones relativas al uso agrícola de los pesticidas, unidas a las creencias de que la mezcla de varios plaguicidas aumentaban su eficiencia, así como las aplicaciones de pesticidas bajo un sistema calendario incidieron en el aumento en el número de aplicaciones por temporada a un promedio de 28.

La aparición de nuevas plagas como consecuencia de la eliminación de enemigos naturales, así como la alteración del habitat, sumada a la resistencia a los plaguicidas de las poblaciones de insectos, obligó a los algodoneros a emplear mayores cantidades de plaguicidas y a efectuar aplicaciones más frecuentes. Así tenemos que para la temporada de 1971-72 los niveles de uso de pesticidas fueron de un promedio de 50 Kg de I.A./Ha., mientras que para la temporada de 1974-75 los niveles alcanzaron 80 Kg. de I.A./Ha. Actualmente el número de aplicaciones por temporada ha aumentado hasta unas 35 y en algunos casos ha llegado hasta 40.

Este aumento en el uso de pesticidas en el cultivo del algodón, ha determinado que éste absorba un 85 o/o de los plaguicidas ofrecidos en el mercado, en su mayoría insecticidas. La aplicación de estos pesticidas son causa importante de contaminación y desequilibrio ambiental. La fuente más importante de contaminación la constituye el arrastre que ocurre durante las aplicaciones aéreas, ya que depara riesgos a personas, ganado, vida silves-

tre y otros cultivos en lugares muy distantes del área de aplicación.

El producto rociado en el campo en su mayor parte se asienta en las hojas de las plantas y el suelo, la mayor parte del plaguicida llega finalmente al suelo, donde permanece como residuo que contaminaría posteriormente a otros cultivos que se establezcan, o sino, pueden lixivarse hasta el agua subterránea y llegar a pozos y arroyos.

El creciente aumento de plaguicidas residuales en el suelo, está degradando su calidad; asimismo, está mermando los microorganismos del suelo y los insectos benéficos, que son importantes en la degradación de los desechos y en la destrucción de otros insectos y microorganismos.

Se ha encontrado alta contaminación por pesticidas clorados en la carne proveniente de la Costa Sur, donde el ganado bovino obtiene los residuos de plaguicidas tanto del forraje contaminado que crece en áreas aledañas al cultivo del algodón o que fueron anteriormente cultivadas con algodón, así como por el empleo de cascarilla de algodón, concentrados o torta de semilla de algodón. Los compuestos organoclorados pueden penetrar al organismo por medio de la ingestión, inhalación, absorción percutánea; constituyendo el principal contaminante de la carne animal, por ser muy persistentes y no polares, característica que le permite concentrarse en la grasa muy fácilmente.

Se ha encontrado en la leche que se produce en las zonas aldoneras alta contaminación con DDT y otros plaguicidas clorados. Además se ha encontrado altos niveles de residuos de DDT en la leche materna de las madres que viven en localidades de la Costa Sur de Guatemala.

Existe evidente contaminación por plaguicidas en los diferentes componentes del ambiente, en gran número de alimentos para seres humanos y animales, en la fauna económicamente útil, en la vida silvestre, en el agua, en el aire, con repercusión para el hombre.

Las mayores concentraciones de plaguicidas se encuentran en los niveles tróficos superiores. Los animales y los productos animales presentan mayor contaminación que el resto de los elementos del ambiente.

OBJETIVOS

GENERALES

Aportar información sobre los niveles de residuos de pesticidas organoclorados en los suelos bajo cultivo de algodón.

ESPECIFICOS

1. Determinar los niveles de residuos de pesticidas organoclorados, en suelos bajo cultivo de algodón en Tiquisate, Escuintla; así como determinar si existe arrastre de los pesticidas organoclorados a través del perfil de suelo.
2. Establecer la relación de nivel de concentración, a través del estrato del perfil de suelo.

REVISION BIBLIOGRAFICA

I Resumen Histórico del Uso de Pesticidas

Históricamente encontramos las primeras referencias del uso de insecticidas desde hace 3,000 años por los griegos, romanos y chinos.

Homero recomendó el uso de azufre para el control de las plagas 1,044 años antes de Cristo (18). Actualmente se recomienda su uso especialmente para el control de ácaros (10).

Durante el primer siglo D.C. fue conocida la naturaleza tóxica del arsénico por los griegos y chinos (18). Actualmente el arsénico es la base para el grupo más grande e importante de los insecticidas inorgánicos usados en la agricultura; talvez sean los mejores insecticidas estomacales que se han descubierto (10).

El conocimiento actual de los fumigantes químicos, igual que hace siglos, aún está basado en las enseñanzas de Plinio Segundo (23-79 D.C.) que en su obra "Historia Natural" (verdadera enciclopedia de la antigüedad), recopiló el conocimiento sobre insecticidas de los griegos.

El empleo moderno de los insecticidas en los Estados Unidos data de 1867, cuando se empleó el Verde de París; hacia 1870 se empleó el Verde de París y la emulsión de aceite de Kerosen contra una variedad de insectos masticadores y chupadores. Para esos tiempos se descubrió en Francia el uso de la mezcla de Bordeaux (18).

Se considera que uno de los primeros compuestos orgánicos de síntesis que se empleó como insecticida y también el más simple, fue el bisulfuro de carbono, hace más de 100 años en Francia (21).

El DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) estuvo en gestación por largo tiempo, fue sintetizado en Alemania en 1874 (por Othmar Zeidler), aunque no se había descubierto sus propiedades insecticidas (1, 12).

En la última parte del siglo XIX se concibieron los compuestos del fluor (18) y se utilizaron como insecticidas. Todos son estomacales, inhibidores de enzimas respirato-

rias (10).

En la primera mitad del siglo XX se concibieron los insecticidas botánicos (18) aunque quizá estos hayan sido los primeros insecticidas utilizados por el hombre. Hoy día se sabe que más de 2,000 especies de plantas producen sustancias con ciertas propiedades tóxicas contra insectos (10).

Para la década de 1920 el empleo de los insecticidas llegó a ser tan común en los Estados Unidos, que surgió la preocupación acerca de los residuos en los productos alimenticios. Por ese tiempo se dictaron normas para establecer tolerancias para el arsénico y, más tarde, para el plomo en las manzanas y peras. De esa manera se reconoció que, aunque los insecticidas eran necesarios, también se requería la reglamentación acerca de los residuos (17).

La revolución en el control químico de plagas con insecticidas orgánicos de síntesis se inició con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del -Dicloro-difenil-tricloroetano- en 1939, en Suiza por el Dr. Paul Muller (10), el cual le dió el nombre de DDT (22). Fue patentado en 1940 en Suiza e introducido en los Estados Unidos en 1942 (5). Al llegar a 1948 el DDT se había convertido en un éxito asombroso, lo que le valió el Premio Nóbel al Dr. Muller (25).

En 1945 fue descubierto el Clordano y con él, una serie de insecticidas muy estrechamente relacionados: Heptacloro, Isodrin, Aldrin, Mirex, Dieldrin, Endrin, Thiodan, Telodrin, Toxafeno, etc. (10).

Gerhard Schrader inició durante la Segunda Guerra Mundial el desarrollo de los insecticidas organofosforados (18). Según Hoover, citado por Hernández, en esta ocasión, se pensó utilizarlos como arma química debido a su propiedad neurotóxica; posteriormente se aplicaron en la agricultura en la lucha contra los insectos perjudiciales (14).

En 1947 fue dado a conocer el primero de una serie importante de productos denominados Carbamatos, insecticidas sintéticos muy semejantes a la esdrina, un veneno vegetal derivado de ciertas plantas de origen africano. Todos los Carbamatos son inhibidores de la Colinesterasa (10).

II Clasificación de los Pesticidas

El término pesticida es muy amplio y abarca una cantidad inmensa de agentes químicos, ya que se conceptúa como pesticida a todo producto o mezcla de productos destinados a combatir plagas: insecticidas, herbicidas, fungicidas, germicidas, acaricidas, ovicidas, rodenticidas, repelentes, atrayentes y cualquier otro producto de acción similar (13).

La producción mundial de pesticidas pasa ahora de dos billones de libras al año; dos mil compuestos en más o menos cien mil formulaciones diferentes están en uso o vía de prueba. Un mismo plaguicida puede tener varios usos y varios nombres comerciales, lo que hace difícil su clasificación (5).

Existen varios sistemas de clasificación:

1. Según el Mecanismo Tóxico

- 1.1 Estomacales
- 1.2 De Contacto
- 1.3 Sistémicos
- 1.4 Biológicos

2. Según el Uso

- 2.1 Insecticidas
- 2.2 Herbicidas
- 2.3 Alguicidas
- 2.4 Ovicidas
- 2.5 Larvicidas
- 2.6 Nematocidas
- 2.7 Rodenticidas
- 2.8 Moluscicidas
- 2.9 Fungicidas

- 2.10 Acaricidas
- 2.11 Bactericidas
- 2.12 Atrayentes
- 2.13 Repelentes

3. Según la Composición Química

3.1 Orgánicos

3.1.1 Organoclorados

3.1.1.1 Derivados del Etano

3.1.1.2 Hexaclorociclohexanos

3.1.1.3 Ciclodienos

3.1.1.4 Fumigantes

3.1.2 Organofosfatos

3.1.3 Carbamatos

3.2 Inorgánicos

3.2.1 Arsenicales

3.2.2 Fluorados

3.2.3 Mercuriales

3.2.4 Azufrados (5, 13)

III Antecedentes de los Pesticidas:

1. Orgánicos

Son los compuestos que tienen carbono en su molécula, constituyen el grupo más importante de plaguicidas. Dentro del grupo de plaguicidas orgánicos, los insecticidas son muy importantes, se les puede dividir en tres grupos principales (5):

- 1.1 Organoclorados
- 1.2 Organofosfatos
- 1.3 Carbamatos

1.1 Organoclorados

1.1.1 Generalidades

Los organoclorados son fáciles de elaborar, baratos y constituyen venenos muy eficaces.

El empleo apropiado de los hidrocarburos clorados ha salvado a muchos millones de personas de una muerte inmediata por enfermedad, por hambre o por ambas cosas a la vez (12, 26).

Se dan contra los hidrocarburos clorados tres argumentos principales:

- 1.1.1.1 Los Hidrocarburos clorados son venenos universales

Su forma de acción no se ha dilucidado por completo, pero se sabe que son venenos no selectivos contra animales, ya que matan no sólo insectos sino también peces, aves, invertebrados y mamíferos (incluyendo al hombre). Como consecuencia de este envenenamiento no selectivo, resultan destruidos insectos, tanto carnívoros como herbívoros, que en poblaciones naturalmente equilibradas están controladas. El empleo de rociados no selectivos puede producir la destrucción de los controles naturales sobre volúmenes relativos de la población.

Debido a que el exceso de pesticida no suele ser excretado por los animales, los hidrocarburos clorados son más eficaces contra depredadores que contra las plagas que se trata de combatir.

Los hidrocarburos clorados tienden a hacerse menos eficaces después de algunos años de uso, debido a que su empleo tiende a traducirse en el desarrollo, en las plagas, de una población inmune.

Esto hace necesario el empleo de cantidades de pesticida cada vez mayores para conseguir el mismo efecto, así como el empleo de

mayor número de rociados (12).

- 1.1.1.2 Los hidrocarburos clorados se degradan lentamente

Los hidrocarburos se descomponen lentamente en la naturaleza, muchos tienen una vida media de descomposición de 10 a 15 años, por lo cual estos venenos existen un tiempo suficiente para producir efectos nocivos (17). El DDT es tan persistente que un insecto puede morir por el contacto con una superficie porosa tratada 18 meses antes con este producto (8).

- 1.1.1.3 Los hidrocarburos clorados son solubles en grasa

Por ser no polares, se concentran en el tejido adiposo, incluso en la leche humana (5). Si pequeñas cantidades de estas sustancias penetran en el cuerpo, se concentran en el tejido graso y no pueden ser arrastradas muy eficazmente por la sangre. Así pues, las concentraciones de pesticidas se van acumulando en los organismos animales (21, 26).

1.1.2 Organoclorados derivados del Etano

Entre estos encontramos el DDT, Bulán, Prolán, Metoxicloro, Perthane y Kelthane. El Metoxicloro es similar al DDT, pero tiene dos grupos metoxi- en los anillos donde el DDT tiene cloro. Esta diferencia da como resultado una toxicidad diferente, más alta para ciertos insectos, y 60 veces más baja para mamíferos (21, 26). El DDT tiene acción por contacto e ingestión, generalmente no sistémica (10); de amplio espectro, lo que lo hace tan difundido (2). Sus mayores desventajas son su largo efecto residual, de efecto acumulativo en el hombre, los animales y el medio ambiente (7). Debido a su gran estabilidad, posee alto poder contaminante (2).

Los plaguicidas organoclorados tienen una reducida tasa de biodegradación, lo que los hace sumamente peligrosos, sobre todo por sus efectos indirectos contra los organismos que no son objeto de control (19)

1.1.3 Hexaclorociclohexanos (HCH's)

Estos insecticidas son erróneamente conocidos como BHC's o Hexaclorobencenos. Debido a la naturaleza de su molécula, son posibles varios isómeros, de los cuales se conocen cinco de carácter diferente. El producto técnico es una mezcla de todos y se vende con el nombre de Gamexán. El 12.5o/o de hexaclorohexano crudo corresponde al isómero gama, el cual se conoce con el nombre de Lindano, el que tiene 100 a 1000 veces más poder insecticida que los demás isómeros, es también menos estable que los demás (5,10).

1.1.4 Ciclodienos:

El grupo básico de todos los ciclodienos tiene seis átomos de cloro. Entre estos se encuentran: Dieldrina, Endrina, Heptacloro, Isodrin, Telodrin, Toxafeno, Endosulfán. Dieldrina y Endrina tienen fórmulas planas idénticas, pero con orientación en el espacio diferente; debido a ésta diferencia, la Endrina es cinco veces más tóxica que la Dieldrina (5).

De ninguno se sabe su acción, creyéndose que afectan el sistema nervioso central de los insectos. Todos actúan por contacto e ingestión y tienen largo efecto residual. Algunos de ellos son extremadamente tóxicos para el hombre y animales de sangre caliente, por ejemplo el Endrin (10).

La Endrina tiene una toxicidad aguda once veces más alta que el DDT, es resistente al calor y muy estable en condiciones ácidas

y alcalinas (15).

1.1.5 Fumigantes:

Son compuestos volátiles utilizados para el control de insectos en productos almacenados. Son utilizados como líquidos o gas que se volatiliza fácilmente. Entre ellos tenemos al Bromuro de Metilo, Dibromuro de Etileno y el Dicloruro de Etileno (5).

1.2 Organofosfatos:

En la actualidad se están usando extensamente y han ido desplazando a algunos insecticidas clorados debido a la resistencia que han desarrollado algunas plagas a los hidrocarburos clorados, lo que ha obligado a buscar materiales que posean un modo diferente de acción insecticida.

Varios compuestos organofosforados no se acumulan en la carne y en la leche tan rápidamente como lo hacen ciertos insecticidas organoclorados. Por otro lado, los insecticidas organofosforados no han sido usados tanto tiempo como los antiguos insecticidas y relativamente pocos insectos han desarrollado resistencia a ellos (10, 14).

Los ésteres de los insecticidas organofosforados incluyen excelentes sistémicos selectivos de plantas tales como el Dimetil Fosfato, el Bidrin, el Dimetón, el Dimethoate, el Phorate y el Dihiodemetón. Productos que se absorben por las raíces, el follaje y se traslocan a puntos distantes del sitio de aplicación para destruir insectos penetrantes y succionadores, así como ácaros (18).

Los organofosfatos, según la naturaleza química del radical R, tienen polaridad muy diferente; unos, como el Paratión y el Malatión, son poco polares y otros como el Azodrin (R) son muy polares. La polaridad influye en la distribución en los tejidos (5).

Según Clarke y Arena, citados por Hernández, la mayoría de los plaguicidas

de este tipo son sumamente tóxicos para mamíferos, pudiéndose citar el Tetraetilpírofosfato, cuya dosis oral fatal ha sido estimada en 0.05 gr. para un adulto de 70 kg. de peso.

El Parathión posee una dosis oral fatal de 0.1 gr. (14) y la muerte puede ocurrir ingiriendo tan poco como 50 mg. (5, 18).

Según Ariens, citado por Hernández, en este grupo hay insecticidas que están clasificados como ligeramente tóxicos, tal es el caso del Malathión cuya dosis oral fatal es de 50 gramos por 70 kgs. de peso, lo que lo hace uno de los más seguros para los mamíferos (14, 18).

Talvez hasta hoy se hayan sintetizado más de 2,000 insecticidas de éster organofosforado y son susceptibles muchas más variaciones, lo que podría impulsar el desarrollo de muchos otros compuestos de esta clase que ofrece mayor selectividad y seguridad (18).

1.3 Carbamatos:

Son derivados metílicos de ésteres de ácido carbámico con alcoholes muy variados (5). Están desarrollándose muy activamente como insecticidas y en un grado muy limitado como acaricidas (18).

El modo de acción de los ésteres carbamatos en los insectos, como en los fosfatados, se debe a la inhibición de la colinesterasa del sistema nervioso, aunque se cree que éste no es el único mecanismo de envenenamiento responsable de la acción tóxica de ciertos carbamatos (5, 18).

Los carbamatos son muy tóxicos para unos insectos y casi sin toxicidad para otros insectos, tienen poca toxicidad para mamíferos y selectividad, se ajustan bien a los programas de control integrado (5,18).

2. Inorgánicos:

Una vez fueron una clase importante de compuestos; la mayoría de éstos son tóxicos para los insectos, sobre todo por ingestión.

Existen unos 200 plaguicidas inorgánicos que se usan mucho, la mayoría son fungicidas con metales (18):

2.1 Arsenicales:

Constituyen el grupo más grande e importante de los inorgánicos usados en la agricultura, talvez son los mejores insecticidas estomacales que se han descubierto. Actúan exclusivamente por ingestión, por lo cual son relativamente selectivos a la fauna benéfica. Recomendados en el algodón para el control de comedores del follaje y en la preparación de cebos envenenados contra tierreros, dentro de los programas de control integrado.

2.2 Fluorados:

Son compuestos a base de flúor, estomacales, inhibidores de enzimas respiratorias, con algunas ventajas sobre los arsenicales, pero con problemas de producción a gran escala.

2.3 Mercuriales:

En la actualidad están prohibidos en muchos países por su alta toxicidad y efectos teratogénicos. Entre sus representantes están el Cloruro de Mercurio y el Cloruro Mercurioso.

2.4 Azufrados:

Usados desde tiempos muy remotos. Se usan solos o en combinación con otros insecticidas; se les recomienda para el control de ácaros (10).

IV CONTAMINACION AMBIENTAL

1. Generalidades:

La contaminación ambiental es un tema de interés general debido a su alta incidencia, que provoca un elevado desequilibrio en el ambiente así como por los efectos indeseables para el hombre (2).

"Contaminación" se puede definir como: "Cambio de características del aire, agua, o suelos; que afectan la vida humana, vegetal, animal, nuestros procesos industriales, nuestras condiciones de vida y nuestra cultura. Por ello, malgastará o deteriorará nuestros recursos actuales o futuros de materias primas".

2. Clasificación de la Contaminación:

Para clasificar la contaminación existen diversos criterios y muchos factores que deben ser considerados, según Irias y Pherson, existen dos criterios (17).

De acuerdo al medio que contaminan.

De acuerdo a sus características de degradabilidad.

2.1 De acuerdo al medio que contaminan:

Se refiere a los medios aire, agua y suelo. Medios que no deben ser considerados absolutamente independientes entre si, ya que existe íntima interdependencia entre ellos.

2.1.1 Contaminación del aire:

Recibe también el nombre de contaminación atmosférica, es causada por cualquier compuesto que pueda ser aerotransportado, emitido a la atmósfera artificialmente (17). Se calcula que 15 kg. de aire atmosférico se filtran en los pulmones de un individuo por día. Los principales agentes contaminantes son los procesos industriales, las combustiones y los vehículos de motor. Los efectos a largo plazo de la contaminación atmosférica son difíciles de predecir, además la

interacción de todos los productos de polución es poco conocida. Las principales enfermedades señaladas como consecuencia de éste tipo de contaminación son las lesiones broncopulmonares, la bronquitis, el asma y el enfisema. Se ha establecido que un 35o/o de las ausencias al trabajo se deben a enfermedades de tipo respiratorio (20).

2.1.2 Contaminación del Agua:

Es un problema cada vez más agudo ya que disminuye día a día la reserva de aguas utilizables por la humanidad para efectos de bebida sana, calculadas en algo más de 24 millones de kilómetros cúbicos, que se van acercando a los límites fijados como irrebasables por los contaminantes (17, 20).

Los principales contaminantes del agua continental son las aguas residuales urbanas, aguas de origen industrial y derivados de la agricultura, especialmente plaguicidas.

Los efectos más serios de la contaminación de las aguas continentales se refieren a que ellas pueden perder totalmente su capacidad de servir como sustrato a determinada cantidad de microorganismos depuradores, con lo cual la vida desaparece y los ríos o lagos se convierten en cloacas abiertas. Otro efecto directo lo es la muerte de los organismos debido a los productos industriales desechados en las aguas. La contaminación de mares y océanos trae consigo alteraciones en las funciones bióticas de microorganismos que le confieren a este tipo de aguas una acción autodepuradora.

En Guatemala el día 5 de Septiembre de 1978 varios radioperiódicos difundieron la información sobre protestas de pescadores de la costa sur a causa de la muerte masiva de peces y camarones en esa

área; lo que ellos atribuían al uso inmoderado de plaguicidas en la región (20).

2.1.3 Contaminación del suelo:

A la contaminación del suelo se le ha prestado generalmente menos atención que a la del aire y del agua, pero el progresivo deterioro de este medio determina la necesidad de poner en práctica medidas tendientes a proteger y mejorar este recurso.

El suelo se considera contaminando cuando se le agregan compuestos o sustancias extrañas y dañinas a él y los organismos que sobre él descansan o viven dentro de él. Cuando se varían sus características físicas y químicas, alterándolo negativamente, cuando sobre él se colocan cuerpos sólidos y líquidos que impiden su normal desenvolvimiento y el normal desarrollo de plantas y animales, o cuando por su mal uso, éste se degrada perdiendo su material (erosión) y tiende a desaparecer.

En términos generales, la contaminación del suelo es consecuencia de hábitos antihigiénicos, diversas prácticas agrícolas, métodos inapropiados para la eliminación de desechos sólidos y líquidos, precipitaciones de contaminantes atmosféricos y materiales radioactivos.

Los biocidas y reguladores del crecimiento que se utilizan para conseguir mayores cosechas, afectan el suelo pudiendo llegar a producirse serios daños a largo plazo; pueden llegar al hombre por medio de sus alimentos con consecuencias desde benignas hasta letales (17).

2.1.4 Contaminación Radioactiva:

Es el aumento de la carga radioactiva que en condiciones normales existen en la naturaleza (20). Existe radioactividad natural en la superficie terrestre desde el aparecimiento de la vida en ella, siendo ésta una de las causas principales de la evolución, propiciando la mutación genética (17). La contaminación radioactiva afecta la totalidad del "Ecosistema Tierra" al afectar los tres medios: agua, tierra y aire (25).

Las principales fuentes de contaminación son las pruebas nucleares y la manipulación de sustancias radioactivas.

Las sustancias radioactivas que permanecen contaminando al cabo de cierto tiempo son: el estroncio 90 (Sr^{90}) y el cesio 137 (Cs^{137}). La población mundial está expuesta a una radiación natural ambiente entre 100 y 150 mrem. (equivale a la medida Roentgen para el hombre). Parece que el hombre puede soportar sin peligro aparente hasta 1,000 mrem (20).

La radioactividad a excepción de ciertas mutaciones genéticas, tiende a producir lesiones en las células y en los tejidos de los organismos, teniendo más sensibilidad piel, ojos, ciertos tejidos y glándulas genitales; por ello la radioactividad tiene capacidad de producir daños tanto somáticos como genéticos (17, 20).

2.2 De Acuerdo a sus Características de Degradabilidad:

La persistencia de los pesticidas puede ser benéfica o dañina; los pesticidas de alto poder residual pueden proporcionar un control por largo tiempo a los organismos a los que se aplicó de esa manera reducir el número de aplicaciones. Los pesticidas residuales permanentes pueden afectar la fauna y la flora a la cual no ha sido aplicada, por largos períodos de tiempo.

Los pesticidas se pueden clasificar de acuerdo a sus características de degradabilidad así:

No Persistentes: aquellos que necesitan de 1 a 12 semanas para degradarse.

Moderadamente persistentes: permanecen de 1 a 18 meses.

Persistentes: permanecen de 2 a 5 años.

Permanentes: son aquellos que permanecen por períodos mayores de 5 años sin degradarse (27).

En términos generales, de acuerdo al criterio que toma en cuenta las características de degradabilidad, la contaminación se puede clasificar así:

Contaminantes degradables.

Contaminantes no degradables.

2.2.1 Contaminantes Degradables:

Son aquellos que se pueden degradar rápidamente por procesos naturales o procesos de ingeniería (20, 26).

Este tipo de contaminación comprende sustancias de fácil degradación (17). Los procesos de ingeniería refuerzan la capacidad de ciertos procesos naturales para descomponer y reciclar los elementos contaminantes (26).

2.2.2 Contaminantes no Degradables:

Son todos aquellos cuerpos y sustancias que no se degradan o lo hacen muy lentamente en la naturaleza. Estos contaminantes no sólo se acumulan en el medio ambiente, sino que algunos de ellos como el DDT, sales mercuriales y otros, tienden a concentrarse progresivamente en cada eslabón de la cadena alimentaria (17, 23)

V AUMENTO EN EL USO DE PESTICIDAS

1. En la Salud Pública:

El uso de plaguicidas, especialmente insecticidas, ha sido de gran importancia en el control de insectos vectores de enfermedades, tal es el caso del control de la mosca Tze-Tze y el mosquito de la malaria, para la protección de la salud humana (11).

En los Estados Unidos para 1920 había 200,000 casos de paludismo cada año; había todavía más de 60,000 para 1945. Con el uso de pesticidas, especialmente el DDT, para 1945 se había reducido el número de 2,000 por año (25).

En Grecia y Turquía, en el inicio de la década del 40, el número de casos de paludismo superaba el medio millón, las muertes que provocaba cada año se contaban por miles. Para 1951 los fallecimientos por esta enfermedad se habían reducido solamente a siete. En los Estados Unidos había en 1945 más de 5,000 casos de tifo mórdo, para 1952 el número se había reducido a 400 (26).

En Guatemala el empleo del DDT se inició a mediados de la década de 1940-50, en programas sanitarios aislados, para el control del vector de la malaria (*Anopheles albimanus*) y así controlar los brotes epidémicos de la malaria en algunas regiones del país (16, 31).

En 1955 se inició el programa de rociamiento intradomiciliario, cambiándose el DDT por la Dieldrina, por razones económicas y por el apareamiento de resistencia al DDT de los mosquitos vectores. Debido a la menor potencia de la Dieldrina se regresó al uso del DDT.

En 1959 la reducción de la malaria permitió la habilitación para agricultura de regiones que antes habían permanecido aisladas, tales como la cuenca del río Polochic, las márgenes del lago Izabal, cuenca del río Guastatoya, Parcelamiento de la Nueva Concepción, etc. (31).

La resistencia del vector de la malaria al DDT era mayor en los municipios produc-

tores de algodón. La resistencia ha venido aumentando; según estudios, aumentó del 58o/o al 86o/o entre 1972 y 1975. Debido al aumento de la resistencia en 1970 se empezó a sustituir el DDT. por el OMS - 33 (Propoxur-Baygón) pero hay evidencia de que el Anopheles albimanus está desarrollando resistencia a él. En el Salvador la incidencia de malaria aumentó de 33,000 casos en 1973 a unos 66,000 casos en 1974 (16).

2. En la Agricultura:

La revolución en el control de plagas se inició con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT (10). A principios de la década de 1940 fueron sintetizados en diversos laboratorios, una serie de pesticidas, los organofosforados; que habiéndose desarrollado durante la Segunda guerra mundial, actualmente tienen amplio uso en la agricultura (5,11). En 1959 se aplicaron en los Estados Unidos un billón de libras de insecticidas a 100 millones de acres de terreno, por lo cual algunas regiones recibieron hasta 61.77 libras por hectárea (31).

El uso de estos productos aumentó de tal manera que en 1962 se registra en los Estados Unidos la más alta producción anual de DDT en la historia, que fue de 67 millones de libras. Por causa de su gran persistencia está prohibido en muchos países (5, 23).

En el curso del último medio siglo, los plaguicidas se han convertido en instrumentos sumamente útiles para la agricultura, ya que su uso en el control de insectos, malezas, hongos y otras plagas ha contribuido a mejorar la cantidad y calidad de los alimentos (28).

De acuerdo a confiables estimaciones, en la época de Cristo, la población mundial era de 250 millones. Transcurrieron 1,600 años para que la población se duplicara a 500 millones. Para 1900, había 1750 millones; se estima que habrá 6,000 millones de seres humanos para el año 2,000 (25).

El mundo actual tiene que enfrentar múltiples problemas, tales como el anterior-

mente citado aumento geométrico de las poblaciones, el problema de las plagas y enfermedades, la finita tierra cultivable, etc. En los Estados Unidos, las pérdidas de alimentos debido a insectos se calculan en 10 o/o de la cosecha, en muchos países, estas pérdidas llegan a 30 y 40 o/o (20, 26). Estos problemas tienen plena manifestación en el hecho de que cada minuto mueren siete personas de hambre o desnutrición en el mundo. Esto significa la muerte de 10,000 personas diarias por falta de alimento (25).

En el último medio siglo los pesticidas se han convertido en instrumentos sumamente importantes para el control de plagas, con lo que el hombre ha podido contar con mayor cantidad de alimentos limpios y sanos, de mejor calidad para su dieta, con lo que se está salvando el suministro mundial de alimentos (11, 23, 25). En la década de 1950-60 se inició en Guatemala lo que Falcon y Smith llaman la "Fase de Explotación" del cultivo algodonero. En esta fase se inició el uso intensivo de maquinaria y agroquímicos (9, 16), eran necesarias unas ocho aspersiones durante la temporada.

Con el uso de los plaguicidas organosintéticos el control de las plagas se hizo más fácil, más económico y más eficiente. Esto convirtió el cultivo del algodón en una empresa atractiva; las áreas bajo cultivo empezaron a crecer.

En la década de 1960-70 aparecieron en el mercado nacional una gran variedad de plaguicidas organosintéticos. Las escasas restricciones gubernamentales relativas al uso agrícola de los pesticidas, unidas a las creencias de que la mezcla de varios plaguicidas aumentaba su eficiencia, la aplicación de plaguicidas bajo un sistema calendario; fueron factores que aumentaron el número de aplicaciones por temporada a un promedio de 28. El número de especies que alcanzó niveles de plaga varió. Especies de menor importancia y que no causaban problemas adquirieron categoría de plagas.

La aparición de nuevas plagas y la resistencia a los plaguicidas obligó a los algodo-

neros a emplear mayores cantidades de plaguicidas y a efectuar aplicaciones más frecuentes. Los costos de producción por concepto de aplicaciones para el control de plagas alcanzó un 50o/o. Los rendimientos que a mediados de la década de 1960 alcanzaron un máximo empezaron a disminuir (16).

En la temporada de 1971-72 los niveles de uso de pesticidas fueron de un promedio de 50 kg de ingrediente activo (I.A.) por hectárea. Los niveles alcanzaron 80 kg de I.A./Ha para la temporada de 1974-75 (véase cuadro 2), se usó un promedio de 15.77 libras de DDT por manzana en la producción de algodón; según encuesta de fincas en la Gomera (véase cuadro 5) (16).

Actualmente el número de aplicaciones ha aumentado hasta unas 35 por temporada y en algunos casos ha llegado hasta 40.

La producción de algodón en Guatemala encaja adecuadamente en el marco denominado por R. Smith y Falcon "Etapa de Crisis". Son necesarias crecientes aplicaciones, más frecuentes de plaguicidas las cuales se inician a principios de la temporada y su eficacia disminuye cada año a medida que la resistencia se hace más generalizada. Las especies secundarias se convierten en plagas, los costos de producción aumentan cada temporada (9, 16).

VI ACUMULACION BIOLOGICA DE LOS PESTICIDAS

Frecuentemente se observa la acumulación de plaguicidas en los organismos; esta acumulación redunda en residuos que pueden plantear problemas. El mecanismo mediante el cual se acumulan los residuos es muy complicado y variado, aunque muchos compuestos se acumulan mediante la actividad metabólica del organismo, la ingestión directa, por un mecanismo físico o por medio de todos estos procesos.

En muchos compuestos usados como plaguicidas la captación puede relacionarse con una propiedad físico-química denominada coeficiente de partición, que es una medida de la distribución de la sustancia química entre un estado lipofílico e hidrofílico o estado acuoso.

1. Procesos Involucrados en la Acción Química

Los productos químicos desde su liberación o escape en el sitio de acción en un organismo o población de organismos tendrá curso en por lo menos cuatro pasos, según nos lo indica Freed (11), los cuales son:

1.1 Interacción con el medio ambiente:

Existen diferentes procesos relacionados con la interacción del producto químico con el medio ambiente durante su transporte al límite del organismo, están:

- 1.1 Adsorción de las superficies.
- 1.2 Vaporización
- 1.3 Degradación fotoquímica
- 1.4 Disolución
- 1.5 Degradación autoquímica
- 1.6 Varias reacciones de partición

1.2 Interacción con el límite del organismo:

Los procesos asociados son:

- 2.1 Adsorción
- 2.2 Reacciones destructivas
- 2.3 Rechazo

1.3 Transferencia intracelular.

Los procesos relacionados son:

- 3.1 Adsorción
- 3.2 Enlace metabólico
- 3.3 Metabolismo
- 3.4 Partición

1.4 Acción intercelular del producto químico:
Adsorción
Reacción.

2. Propiedades físico-químicas y comportamiento ambiental.

Las propiedades de los plaguicidas son muy importantes para determinar su destino y su comportamiento en el ambiente. Las propiedades específicas que se requieren para predecir ese comportamiento según Freed (11) son:

2.1 Solubilidad en agua:

Que está relacionada con la percolación, grado de adsorción y movilidad en el ambiente.

2.2 Coeficiente de partición:

Relacionado con la capacidad de bioacumulación y adsorción por la materia orgánica.

2.3 Hidrólisis:

Que es una vía y mecanismo de adsorción y captación, persistencia interacción con otras especies moleculares.

2.4 Presión de vapor:

Que determina la movilidad atmosférica, velocidad de vaporización.

2.5 Calor latente de solución:

Que es el principal responsable de la intensidad de adherencia y por ende de la susceptibilidad de la sustancia química a la lixiviación y su persistencia, así como de la vaporización de las superficies.

3. Acumulación de los Pesticidas en los Organismos:

El comportamiento de un plaguicida en un organismo depende de su estructura química y de su polaridad en relación al medio; así, un compuesto no-polar o no ionizado se acumulará en un organismo viviente que esté expuesto al producto químico (11). La polaridad o distribución de las cargas eléctricas dentro de la molécula, es una característica importante. Los tejidos de un organismos tienen polaridad muy diferente. El tejido nervioso, la piel de los mamíferos y las cubiertas de muchos insectos tienen niveles altos lípidos no-polares, mientras que la

orina, por ejemplo, por ser esencialmente acuosa, es polar. Como "igual busca igual", tejidos no polares como la grasa acumulan compuestos no polares, mientras que la orina excreta compuestos polares. La polaridad tiene gran influencia sobre la permeabilidad y la distribución de los plaguicidas en los diferentes tejidos. El DDT es un compuestos no polar que se acumula en la grasa, mientras que el Azodrin (R) es polar y por lo tanto se excreta en la orina (5).

Los organoclorados son muy estables y persistentes y por ser no polares se concentran en la grasa, tejido adiposo, incluso en la grasa de la leche humana y en las plantas, en las partes ricas en grasa (3).

Muchos pesticidas degeneran en otros productos en el medio ambiente o son metabolizados por animales y plantas. Así el DDT es rápidamente dehidroclorinado a DDE, compuesto menos tóxico pero soluble en alto grado. Otra parte del DDT, a través de un proceso de dechloración reductiva, se transforma en DDD, conocido también con el nombre de Rotano, que es muy soluble en grasa y casi insoluble en agua (28).

Un alto porcentaje del DDT es excretado por la orina y por las heces como un derivado de oxidación e hidrólisis llamado DDA (dicloro-difenil-acetato) que no es liposoluble, por lo tanto no se puede acumular en los tejidos grasos; otra parte es excretada en la bilis en forma no determinada. Una pequeña proporción del DDT se excreta por la orina y por las heces sin sufrir cambios metabólicos, mientras que otra parte se acumula como tal (DDT) en la grasa de los tejidos de todo el cuerpo (6), y del cual se irá excretando gradual y lentamente por la orina y por la leche (3).

El DDT puede permanecer en el organismo de tres meses a cinco años, por lo tanto estaría excretándose durante este tiempo (6, 28).

VII IMPACTO ECOLOGICO DEL USO DE LOS PESTICIDAS

Los pesticidas llegan al ambiente por diferentes fuentes, las principales son: las aplicaciones en la agricultura, las aplicaciones por medidas sanitarias y los efluentes de las industrias formuladoras.

En el mundo se aplican anualmente toneladas de insecticidas y se requerirán más para una mayor producción de alimentos, lo que consecuentemente aumentará la contaminación (31). En Centro América, en el año de 1974 se aplicaron 27,300 toneladas métricas de plaguicidas (vease cuadros 3 y 4) (16). En las aplicaciones a la agricultura, una de las fuentes más importantes de contaminación por plaguicidas lo constituye el arrastre que ocurre durante las aplicaciones aéreas cuando las condiciones no son óptimas (29).

Luego de que se libera el producto químico, se distribuirá en las diversas fases del ambiente, es decir: tierra, aire, agua y biota. La concentración que se da en cada fase es una función de las propiedades del producto químico y de la fase en cuestión (12). Según estudio realizado por el ICAITI, al igual que en la mayor parte de los estudios de contaminación por plaguicidas, es evidente que existe contaminación en los diferentes componentes del ambiente: en gran número de alimentos para seres humanos y animales, en la fauna económicamente útil, en la vida silvestre e incluso en el hombre. En este estudio la presencia de plaguicidas en partes por millón en peso fue determinada por cromatografía de gases. Excepto en los casos de la leche y la carne la contaminación se expresó en términos del peso total del animal o planta.

En caso de la carne y la leche la contaminación se determinó en la grasa y se expresó como proporción del peso de ésta.

Como podemos ver en el cuadro 6, las mayores concentraciones de plaguicidas se encuentran en los niveles tróficos superiores. El agua presenta la menor contaminación de todos los componentes ambientales, le siguen los productores, con niveles de contaminación apreciablemente mayores, pero aún menores de 1 ppm. Los animales presentan consistentemente mayor contaminación que el resto de los elementos del ambiente (16).

1. Impacto de los Pesticidas en la fase Aire:

1.1 Generalidades:

Los plaguicidas se desplazan rápidamente por el aire, de modo que puede circular por toda la tierra en pocas semanas. En este caso, la precipitación desde el aire traería consigo la contaminación de lugares muy distantes de los lugares donde fueron aplicados (2).

Risebrough et al (27) midieron la concentración de pesticidas en el aire de un área remota del uso Agrícola de pesticidas, en Barbados, encontrando que la acumulación total de pesticidas en el aire estaba comprendida entre un mínimo de 13×10^{-6} nanogramos por metro cúbico de aire y los $380 \times 10^{-6} \text{ ng/m}^3$. Para contrastar estudiaron el aire en un sector agrícola, en la Jolla, California, en donde eran usados pesticidas con fines agrícolas; encontrando un promedio de $7 \times 10^2 \text{ ng/m}^3$. Los autores concluyeron en que los pesticidas están universalmente presentes en la atmósfera.

Se ha estudiado además la presencia de pesticidas en el polvo de la atmósfera, habiéndose determinado que ésta es una ruta de transporte de los pesticidas ya que se ha encontrado concentraciones hasta de 0.6 y 0.5 ppm. de DDT y Clordano respectivamente. Esta constituye una ruta de transporte de pesticidas por largas distancias; además estas partículas pueden ser lavadas por la lluvia y depositadas en los suelos.

Según un estudio realizado por Stanley (27) con el propósito de determinar la contaminación por pesticidas en la atmósfera de diferentes localidades de los Estados Unidos, se encontró residuos de pesticidas organoclorados tales como DDT y DDE, BHC, Lindano, Dieldrín y Aldrín; pesticidas organofosforados tales como el Paratión y Maltión, el DDT se encontró en todas las localidades estudiadas. Las mayores concentraciones se encuentran en áreas agrícolas; los niveles encontrados fueron desde en unos casos tan altos

como 1560 ng/m³ de p-p' DDT, 2520 ng/m³ aire de Toxafeno y 465 ng/m³ aire de Paratión.

La persistencia de los pesticidas en el aire está en función de su naturaleza química, estado físico, método de aplicación, y de las condiciones atmosféricas (2).

1.2 Arrastre de Plaguicidas a las Areas fuera del Objetivo:

Una de las fuentes más importantes de contaminación por plaguicidas es el arrastre que ocurre durante las aplicaciones aéreas cuando las condiciones no son óptimas. En un estudio realizado por el ICAITI se propuso aclarar varios puntos al respecto; se consideró qué proporción de la descarga total de plaguicidas durante una aplicación aérea caía dentro de una franja de 14 metros de cobertura del avión que se utilizó. Se determinó que un 25o/o de los plaguicidas aplicados a Ultra Bajo Volumen cayó sobre la franja de 14 metros debajo del avión; 31o/o del material aplicado en forma diluida convencional cayó sobre el objetivo.

Si el campo tiene 20 Ha. y tiene una forma aproximadamente cuadrada, se puede esperar que 43.6o/o de plaguicida caiga dentro de los confines del campo mediante UBV: un 45.6o/o mediante sistema convencional (30)

El arrastre aún de mínimas cantidades de ciertos plaguicidas pueden deparar riesgos a personas, ganado, vida silvestre y otros cultivos. La inhalación de partículas o vapores y el contacto en la piel o ropa pueden constituir peligros a la salud en los trabajadores de las fincas aledañas y otros adyacentes a la aplicación. El arrastre de plaguicidas a cultivos comestibles cerca del tiempo de cosecha y sobre los abastecimientos de agua pueden plantear un peligro a la salud como directos contaminantes de los alimentos o indirectamente por la contaminación de carne y leche. (16)

Existen tres factores primordiales que influyen en la magnitud de los depósitos por arrastre, son:

1.2.1 Condiciones del microtiempo

Son probablemente los más importantes, pero menos controlables, es importante saber el influjo de dos factores.

1.2.1.1 La dirección del viento, que se puede determinar fácilmente, es obvio que el arrastre no ocurrirá viento arriba en el campo adyacente.

1.2.1.2 La turbulencia atmosférica; que es difícil de medir y pronosticar. Una pluma de humo proveniente de una vieja llanta es un excelente indicador visual de la dirección del viento y es útil para estimar la turbulencia o la difusión. Se debe evitar la aplicación de materiales tóxicos durante las condiciones muy estables relacionadas con fuertes inversiones de temperatura.

1.2.2 Tipos de boquillas o surtidores

El tamaño de la partícula es uno de los factores más importantes que afectan el arrastre de las aspersiones. En general, el arrastre se puede reducir al mínimo mediante la selección de boquillas que produzcan el mayor tamaño de gotas que sea compatible con la cobertura requerida para una aplicación dada, compatible con el cultivo, el problema de plagas y el ambiente circundante.

1.2.3 Formulación de aspersiones

El uso de algunos agentes espesantes ha reducido la precipitación del arrastre de las aplicaciones en tierra, pero todos los espesantes que fueron ensayados tiene poco efecto en la precipitación del arrastre en aplicaciones aéreas (29).

2. Impacto de los Pesticidas en la Fase Suelo y Agua

Al rociarse el producto químico en el campo, la mayor parte de éste se asienta en las hojas de las plantas y el suelo; la mayoría del plaguicida llega finalmente

al suelo (16). Se asegura que se han utilizado 1.5 millones de toneladas de DDT, de los cuales dos terceras partes permanecen activas en los mares y en la tierra (20).

El producto químico es adsorbido por la superficie de las hojas y el suelo, ya que estas superficies poseen fuerzas electrostáticas que los ligan (16). La adsorción depende de la superficie con que entre en contacto y del mismo producto químico. De los componentes del suelo, la materia orgánica es la que mayor tasa de adsorción de sustancias químicas posee (20).

La cantidad de sustancia química ligada y la intensidad con que es adsorbida está determinada por el "Calor de solución", función que se puede medir fácilmente en el laboratorio. Conociendo el calor de solución podemos calcular la intensidad de la adherencia y por consiguiente la susceptibilidad de la sustancia química a la lixiviación y su persistencia (11).

Por ser un proceso reversible, la adsorción del producto químico, la mayoría de las sustancias químicas percolan, al menos un poco, en el agua que se desplaza en el suelo.

Hay productos que se adhieren fuertemente al suelo, tal es el caso del DDT, por lo que son escasamente acarreados por el agua. Esto es aplicado en general para los plaguicidas organoclorados, que también poseen baja solubilidad en agua y una fuerte adsorción, sufren poca percolación. Algunos organofosfatados como el Paratión, percolan mejor que los clorados, pero aún así no son muy móviles (15). El DDT y sus similares tienen baja volatilidad, poca sensibilidad a los rayos solares y estabilidad en medios ácidos, sin embargo, son inestables al calor y a las condiciones alcalinas (3).

Como podemos ver, la sustancia química llevada al suelo permanece allí como residuo que contaminaría el otro cultivo o si no puede percolarse, llegar hasta el agua subterránea y llegar a los arroyos (11).

Otra forma de eliminación de un pesticida de una superficie dada lo es la vaporización del plaguicida. La presión de vapor y el calor de vaporización del plaguicida sirven como una medida de la velocidad de vaporización y la tendencia de

volatilización del suelo y agua, así como de posterior movilidad atmosférica (16).

Los factores ambientales que influyen en la velocidad de evaporización son:

La velocidad del viento, la temperatura y el tipo de superficie Adsorbente.

Existen productos tales como "El Agente Naranja", inventado en la década del 70, usado como hervicida en Vietnam; cuya fórmula es una combinación de los compuestos químicos 2,4,D y 2,4,5,T; que dió resultados excelentes, pero posteriormente se vió que se volvía destructor permanente, convirtiendo el suelo en casi piedra, destruyendo toda vida vegetal, generando Dioxina (TCDD), la más tóxica de las moléculas clorinadas y veneno de los más letales conocidos (22).

El DDT y sus metabolitos, lo mismo que el Dieldrín, se han indicado como los que persisten por más largo tiempo en el suelo, tomándose 12 años para que el 95o/o de ellos desaparezcan. Se ha constatado que la fijación del DDT en el suelo permanece activo después de 8 años de aplicado en una propoción de un 40o/o de la dosis inicial (27). Sin embargo, los microorganismos anaerobios del suelo convierten el 62o/o del DDT a DDD en un período de cuatro semanas. El término persistente se aplica normalmente a los compuestos organoclorados, pero también a algunos compuestos organoforforados pueden persistir por algunos meses en el suelo. El Paratión es relativamente insoluble, persistente en los suelos lo menos durante 9 meses y es transportado por las corrientes superficiales de desague.

Existe la teoría de que el cieno común de los ríos puede remover en forma efectiva los insecticidas del agua por adsorción, disminuyendo su toxicidad. Además se ha determinado que las corrientes tienden a mezclar los contaminantes y que el agua turbulenta tiene el efecto de colocar los componentes tóxicos en una forma más finamente dispersa y accesible (31).

El creciente aumento de plaguicidas residuales en el suelo está degradando su calidad, los microorganismos del suelo y los insectos benéficos (anélidos) están mermando según información proveniente de otros estudios. Estos organismos son importantes en la degradación de los desechos, en la destrucción de otros insectos y microorganismos (16).

Las lombrices y ácaros que constituyen la fauna del suelo abundan en centenares de miles por metro cuadrado, éstos intervienen en la formación de humus, así como en la aereación del suelo. Las lombrices son intoxicadas por el HCH, aunque son insensibles al DDT, Los ácaros son sensibles a los dos (27).

Por otro lado, la gran cantidad de suelo que queda sin protección en el cultivo del algodón puede dar como resultado una fuerte erosión. En las planicies de la costa sur se estima que entre 16 y 20 toneladas de la parte superior del suelo son lavadas y dispersadas anualmente desde los terrenos algodonereros. Esta erosión degrada los suelos para la producción de cultivos y además los pesticidas depositados en la capa superior del suelo son lavados y dispersados a otros medios; el medio acuático principalmente, recibe grandes cantidades de plaguicidas acarreados por el suelo (16).

3. Impacto de los Pesticidas en la Fauna y Flora.

3.1 Relación Pesticida-Suelo-Planta:

Los cultivos pueden absorber pesticidas de los suelos previamente tratados; debido a que los residuos permanecen en el suelo, son absorbidos por la planta y depositados en diferentes proporciones en cada parte de la planta. Lichtenstein et al, encontró en pepinos que crecieron en suelos que fueron tratados una vez al año, durante cinco años con Aldrín, Dieldrín y Heptacloro; en proporciones de 5 libras por pulgada/acre, contenían arriba de 0.011, 0.102 y 0.23 p.p.m. respectivamente, en las diferentes partes de la planta.

En un estudio similar con alfalfa crecida en suelos conteniendo 0.5 p.p.m. por pulgada/acre de Aldrín y Heptacloro, podía contener aproximadamente 0.005 ppm de Aldrín y Dieldrín y 0.015 ppm de Heptacloro y Heptacloro epóxido.

En forma similar Wood et al encontró que la alfalfa crecida en campos tratados 4 a 5 años antes con Dieldrina en proporciones de 5 lb/acre, 0.03 a 0.04 ppm de Dieldrina. Similares residuos se encontraron en maíz sembra-

do en las mismas condiciones.

Bruce et al estudió la relación entre los residuos en las semillas de diferentes cultivos y la concentración de residuos en el suelo, los resultados se muestran en la tabla 1; como se puede notar, las semillas con alto contenido de grasa tales como la soya y cacahuete contenían los más altos niveles de residuos de pesticidas. Las semillas con bajo contenido graso contenían menores cantidades de residuos.

Nash cultivó trigo en suelos tratados con DDT y Dieldrina en proporciones de 0.5, 2.0 y 10.0 ppm. Los residuos de Dieldrín se incrementaron en proporción directa a la aplicación en el suelo. Las concentraciones de Dieldrín encontradas en las semillas de trigo fueron aproximadamente de 18o/o de la concentración en el suelo. En el caso del DDT los residuos fueron aproximadamente entre 3 y 10 o/o. La transferencia de los pesticidas contenidos en el suelo a los cultivos a través del sistema radicular puede ser una significativa vía de contaminación de los alimentos (27).

3.2 Relación Pesticida-Planta-Animal:

3.2.1 Efectos en los Cultivos:

La acción de los insecticidas sobre los vegetales son muy diversos. El HCH transmite un olor de moho a ciertas legumbres, los más sensibles son las espinacas, garbanzos, las cebollas, las solanácas y las cucurbitáceas.

Con el HCH los cereales retardan el crecimiento, mientras que la alfalfa lo acelera.

El DDT provoca una acumulación de los aminoácidos y de los glúcidos en las hojas jóvenes de trigo, esto favorece el desarrollo de la roya del trigo. La acumulación de DDT y de Dieldrín en el suelo reduce el rendimiento de ciertos cultivos como el saraceno en los Estados Unidos (27).

Los agroecosistemas del plano pacífico de Guatemala, después de 2

décadas de fuerte uso de insecticidas, están considerablemente perturbados, liberando a las plagas de sus enemigos naturales. Un ejemplo en el algodón es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) que mancha la fibra (melosidad-fumagina). Esta es una plaga inducida ya que al final de la temporada de numerosas aplicaciones, la planta algodонера es fisiológicamente tan alterada y los parásitos y depredadores son tan diezmados que la mosca blanca puede superpropagarse. El cultivo del maíz sufre seriamente el achaparramiento provocado por un espiroplasma, transmitido por un saltahoja (*Dalbulus maidis*).

El cultivo del frijol en las zonas algodonerías es severamente atacado por la mosca blanca (7).

En Guatemala se ha estudiado el grado de contaminación en las verduras y se encontró residuos de DDT, BHC's, Lindano, Aldrin, Dieldrin, Endrin y Heptacloro epóxido. Las cantidades encontradas estaban por debajo del límite establecido por FAO/OMS; aunque las muestras no fueron representativas de la producción global (4).

3.2.2 Efectos en los Animales:

En las diferentes partes del mundo se han dado verdaderas catástrofes ecológicas, motivadas por la utilización incontrolada de plaguicidas; una de las más importantes fue la ocurrida en "Coto de Doñana", España, en verano de 1973, en ella murieron 40,000 aves; ese parque es considerado como una de las más importantes reservas bióticas de Europa (20).

En el año de 1954, solo en la región Parisina 20,000 colonias de abejas fueron destruidas y los cadáveres se acumularon formando una capa de 2 cms. de alto. En 1956 las asperciones aéreas de DDT causaron la muerte de 800,000 salmones y truchas en los Estados

Unidos.

Falcon nos reporta que más de 228 especies de insectos han sido señaladas como resistentes a los pesticidas (27).

En el caso de aves, estos químicos interfieren con el metabolismo del calcio, resultando los huevos de cáscaras tan finas que los padres al incubarlos los destruyen con su peso (7).

La exportación de carne, por otro lado, en los últimos años ha sufrido limitaciones dadas por los países importadores, llegándose a dejar de ser despachados o rechazados embarques completos (8) por poseer residuos de pesticidas superiores a los límites aceptados por el departamento de agricultura de los Estados Unidos (2). El principal contaminante de la carne animal lo constituyen los insecticidas organoclorados, que son muy persistentes y por ser no polares se concentran en la grasa fácilmente.

El ganado bovino obtiene los residuos de plaguicidas tanto del pasto contaminado que crece en áreas aledañas al cultivo del algodón o que fueron anteriormente cultivadas con algodón, como por el empleo de la torta de semilla de algodón. Los pastos se contaminan por el arrastre atmosférico proveniente de las aspersiones aéreas. Los compuestos organoclorados pueden penetrar al organismo por medio de la ingestión, inhalación, absorción percutánea. El baño de los bovinos para el control de ectoparásitos es considerado más peligroso, ya que permite la penetración por todas las puertas mencionadas (28). Al rociar un animal con una solución al 0.50/o de DDT, por absorción percutánea o inhalación, puede depositar en la grasa residuos de este pesticida, hasta por más de 7 ppm, esta acumulación es excretada gradualmente por la leche y la orina (6). La capacidad de los diferentes pesticidas para atravesar la barrera cutánea varía, son más susceptibles los insecticidas organoclorados a excepción del Metoxicloro, de depositarse en la grasa corporal,

variando la cantidad almacenada con respecto a la cantidad ingerida de un compuesto a otro, así como el tiempo en que los hidrocarburos clorados permanecen en los tejidos (8).

Se ha encontrado en la leche que se produce en las zonas algodoneras alta contaminación con DDT y otros productos clorados. Los residuos han registrado un promedio de 20 ppm. y han alcanzado un margen de hasta 100 ppm. El nivel admisible para leche en los Estados Unidos es solamente de 0.05 ppm. de DDT y otros plaguicidas clorados. No se conocen exactamente los efectos que el consumo de leche contaminada está ocasionando (16).

Es importante señalar que los arroyos que fluyen lentamente en las planicies de la costa sur, son elementos que proporcionan agua a muchos trabajadores agrícolas y a sus familias. Los arroyos reciben grandes cantidades de plaguicidas mediante el arrastres y la corriente, provenientes de las tierras algodoneras, y los peces, cangrejos y otros organismos quedan expuestos en algunos casos a dosis mortales de plaguicidas (16).

En la tesis presentada por Julia Alicia Amado de Zeissig en 1973, sobre investigación de insecticidas residuales en la fauna marina, realizada en la vertiente del pacífico, es importante hacer resaltar que en la estación de muestreo de Rama Blanca la concentración de DDT en los peces, entre los meses de Julio a Noviembre, fluctuó entre 12.639 ppm y 19.070 ppm. En los invertebrados estudiados se encontró concentraciones entre 1.561 ppm y 5.658 ppm.

Por otro lado, los insecticidas deslavados de los algodones llegan a los criaderos de larvas de zancudos *Anopheles albimanus* vector del paludismo, lo que lo hacen resistente a una amplia gama de pesticidas por lo que los casos de paludismo ascienden nuevamente en Centro América (7).

El agua de las zanjas de drenaje de las fincas algodoneras está muy

contaminada con plaguicidas; aunque esta agua contaminada es empleada para lavar, por los trabajadores agrícolas. Esta situación contribuye a la carga de plaguicidas a la que están expuestos los campesinos (16).

En 1973 Olszyna-Marzys, Campos, Farbar y Thomas, realizaron un estudio de determinación de contenido de DDT en leche materna, en las localidades de la Bomba, Cerro Colorado y el Rosario; en la costa sur, determinando que la cantidad de DDT en la leche de las madres fluctúa entre 0.342 y 12.2 ppm, mientras que la cantidad más alta notificada hasta la fecha en los Estados Unidos y en Europa occidental en los últimos 20 años es de 0.37 ppm. Esta contaminación en la leche es tal que los niños amamantados consumían entre 6 a 207 veces la máxima toma diaria aceptable de DDT y derivados propuesta por FAO/OMS. La ingesta diaria admisible es de 0.01 ppm. Un niño de 5 kg. consumiendo 1/2 litro de leche por día ingiere 0.32 ppm. = 32 veces la IDA. (27).

Los pesticidas son la causa de un buen número de intoxicaciones colectivas registradas en los últimos decenios en América Latina. En ocasiones estas intoxicaciones se produjeron por contaminación accidental de alimentos durante su transporte. Otras veces las intoxicaciones se debieron a problemas de almacenamiento y empaque o, simplemente al consumo de semillas tratadas con plaguicidas. Es importancia menor las intoxicaciones producidas durante el rociamiento de viviendas, durante las aplicaciones desde vehículos y aviones o las aplicaciones individuales para eliminar ectoparásitos. Según estadísticas, durante el período 1968-71 se produjeron en Guatemala 3,869 casos de intoxicaciones por plaguicidas. Durante el período 1971-76 se notificaron en Centro América 19,330 intoxicaciones por insecticidas (24).

DESCRIPCION DEL AREA ESTUDIADA

LOCALIZACION:

La finca "La Libertad" está ubicada en el Municipio de Tiquisate, del Departamento de Escuintla, propiedad del señor Mario Alberto García Salas; tiene una extensión de 9 caballerías, 27 manzanas y 6,243.47 varas². Es una fracción desmembrada de la finca Olga María.

UBICACION GEOGRAFICA:

Está ubicada en las coordenadas 14° 02' de latitud norte y 91° 26' de longitud oeste.

COLINDANCIAS:

Limitada al Norte con las fincas Barberena y la finca matriz, al Sur con la finca Olga María, al Este se encuentra el parcelamiento "Nueva Concepción" río Madre Vieja de por medio; al Oeste la finca Toro Pinto.

VIAS DE COMUNICACION:

El acceso a la finca es por la carretera que conduce de Tiquisate a la playa del Semillero, en el entronque a fincas nuevas ubicado en el kilómetro 175. Del entronque a la finca "La Libertad" hay 15 kilómetros de camino de terracería transitable todo el año.

MATERIALES Y METODOS

METODOLOGIA:

El presente estudio a nivel de reconocimiento sobre los niveles de residuos de pesticidas clorinados en suelos bajo cultivo de algodón, en Tiquisate-Escuintla, fue realizado en la finca "La Libertad", ubicada en las inmediaciones del Kilómetro 175 de la carretera que conduce de Tiquisate a la playa del semillero. De la extensión total de la finca, 300 manzanas fueron sembradas con algodón en la temporada 1983-84, por lo que solo esa extensión fue muestreada.

El nivel del estudio es de reconocimiento, por lo que se tomaron muestras a razón de cinco por ciento, lo cual implica que en las 300 manzanas sembradas con algodón corresponden a 15 muestras. En cada lugar de muestreo se tomaron cinco sub-muestras para así constituir una muestra compuesta, equivalente a una libra. Para poder detectar un gradiente de arrastre de pesticidas a estratos inferiores del suelo se hace necesario muestrear a tres diferentes profundidades secuenciales, lo que determina que el número total de muestras a extraer en el área sembrada con algodón sea de 45; se procedió además a tomar dos muestras más a cada profundidad dentro del área de la finca sembrada con sorgo, y además se tomaron otras dos muestras a cada profundidad en suelos sin antecedentes de uso agrícola, usadas con fines ganaderos, de una parcela del parcelamiento de la "Nueva Concepción". De esta manera, se aumenta el número de muestras en doce unidades, así se totalizan 57 muestras.

Las muestras obtenidas fueron llevadas a los laboratorios del Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) para así, mediante procedimientos de Cromatografía de Gas y Líquido, detectar la presencia de residuos de pesticidas organoclorados, indentificarlos y posteriormente cuantificarlos.

MUESTREO

Debido a que se contaba con un plano de pantes de la finca, se procedió a ubicar aleatoriamente el número total de muestras en los pantes sembrados con algodón. La finca está dividida en diez pantes, de los cuales solo seis se sembraron con algodón en la temporada 1983-84. De los pantes identificados con los números: cinco, siete y ocho, se obtuvieron tres muestras a cada profundidad; el total de muestras obtenidas en estos pantes fue de veintisiete. De los pantes identificados con los números: seis, nueve y diez, se obtuvieron

dos muestra a cada profundidad; el total de muestras obtenidas de estos pantes fue de diez y ocho. Además en los pantes identificados con los números: tres y cuatro, sembrados con sorgo, adyacentes al área sembrada con algodón, se procedió a obtener una muestra a cada profundidad. Por otro lado, en el parcelamiento de la "Nueva Concepción" en suelos sin antecedentes de uso agrícola, usados con fin ganadero, de una parcela, se procedió a tomar dos muestras de suelo a cada profundidad; de esta manera se obtuvieron doce muestras adicionales.

El total de muestras obtenidas fue de 57, las cuales fueron llevadas a los laboratorios del Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) para el análisis correspondiente.

PASOS PARA EL MUESTREO

- 1) La superficie del suelo debe ser limpiada de cuerpos extraños.
- 2) Se procede a tomar la submuestra de la profundidad correspondiente, se repite el procedimiento en otros cuatro puntos, para ello se trazan radiaciones imaginarias, partiendo del lugar muestreado inicialmente. Todas las submuestras deben estar enmarcadas dentro de un área de una manzana. Las cinco submuestras no deben de llenar la cubeta más de 3/4 partes de la misma.
- 3) Homogenizar el suelo, remover y mezclar dentro de la cubeta y posteriormente depositar aproximadamente una libra de la muestra representativa compuesta en papel de aluminio, descartando el resto.
- 4) Identificar la muestra, llevarla a una bolsa de nylon, depositarla en una caja para su transporte a los laboratorios.
- 5) Como nos interesa determinar el arrastre y penetración de los residuos organoclorados, se debe de muestrear a tres diferentes profundidades secuenciales las cuales son:

Profundidad No. 1 0 — 10 Cm.

Profundidad No. 2 10 — 20 Cm.

Profundidad No. 3 20 — 30 Cm.

PREPARACION DE LA MUESTRA PARA ANALISIS DE LABORATORIO

- 1) Pasar el material de la muestra por una criba standard U.S. No. 18, para eliminar las piedras y otras materias extrañas.
- 2) Dejar que la humedad del suelo entre en equilibrio con la humedad del aire (por una noche).
- 3) Almacenar la tierra en papel aluminio hasta que se haga el análisis.
- 4) La tierra debe de mezclarse bien antes de pesar la muestra para el análisis.

EXTRACCION DE INSECTICIDAS

- 1) Pesar 10 gramos de suelo. Agregar 20 gramos de sulfato sódico anhidro granular previamente lavado y secado.
- 2) Llevar la mezcla suelo-sulfato sódico anhidro a un aparato de extracción Soxhlet.
- 3) Llenar el frasco de fondo plano hasta casi la mitad, de la mezcla de acetona/hexano 1:1 (solvente de extracción). Este solvente se usa en cantidades adecuadas para que cuando se efectúe sifón quede suficiente solvente en el matras de fondo plano; con el propósito de que éste no se rompa con el calor.
- 4) Luego de colocada la muestra en el aparato Soxhlet, hacer que el agua comience a fluir a través del condensador.
- 5) Usando un transformador variable, ajustar el calor de modo que el solvente efectúe por lo menos seis ciclos completos cada hora. Un ciclo es el llenado completo del tubo de extracción con el solvente que se evapora del frasco, se condensa dentro del tubo y sigue el sifonamiento del solvente de retorno al frasco. Si la velocidad de evaporación es demasiado rápida, el condensador se calentará permitiendo que se escape el solvente. Si la velocidad es demasiado lenta, la muestra no será extraída por completo.
- 6) Continuar el proceso de extracción durante ocho horas, dejar enfriar el equipo. Repetir todo el proceso con cada una de las muestras que se van a analizar.

LIMPIEZA DEL EXTRATO

COLUMNA DE FLORISIL

PROCEDIMIENTO

- 1) A la columna cromatográfica de 300 mm x 25 mm con un pequeño tapón de lana de vidrio en el fondo, agregue florisil (que ha sido activado previamente) en pequeñas porciones, golpeando ligeramente, hasta que llegue a una altura en la columna de 10 cm. Coloque encima una capa de 1.5 cm de Na_2SO_4 a la parte superior. El Na_2SO_4 es una protección adicional para mantener seco el Florisil. La humedad desactivará el Florisil cambiando así el patrón de elución.
- 2) Prepare el frasco K-D de 500 ml. al cual se conecta un tubo concentrador conteniendo una astilla para ebullición. Prepare uno para cada mezcla de elución que vaya a ser usada. Sólo hay interés en los pesticidas en los niveles de 60/o de éter etílico y del 150/o de éter de petróleo; preparar dos para cada muestra. Márquelos 60/o, 150/o, incluyendo el número de la muestra en cada uno. (6: éter etílico: 94 éter de petróleo).
- 3) Cuando la columna se ha enfriado a temperatura ambiente, coloque un frasco K-D con un tubo concentrador debajo de la columna. Humedezca previamente la columna dejando que 40-50 ml. de éter de petróleo corran a través de la columna. No dejar que la columna se seque a partir de este punto en adelante.
- 4) Usando una larga pipeta desechable, transfiera el extracto de la muestra desde el tubo concentrador hasta la columna, conforme el solvente pre-humedecedor retrocede hasta la parte superior del Na_2SO_4 . El extracto de la muestra deberá ser hecho en un solvente no polar tal como el hexano o el éter de petróleo.
- 5) Enjuague el tubo concentrador con dos porciones sucesivas de 5 ml. del mismo solvente no-polar que fue usado con el extracto de la muestra y transfíralo a la columna con la pipeta.
- 6) Cuando lo último del solvente llegue al Na_2SO_4 , agregue un total de 200 ml. de la mezcla eluyente al 60/o. La tasa de elución deberá ser de 5 ml. por minuto (aproximadamente 5 gotas por segundo). Menor velocidad alterará el patrón de Elución.

- 7) Cuando la elución al 60/o llegue hasta la parte superior del Na_2SO_4 , quite el frasco K-D lleno y sustitúyalo con otro vacío. Inmediatamente comience con los 200 ml de la mezcla de Elución al 150/o.
- 8) Repita el paso 7.
- 9) Conecte una columna Snyder de 3 bolas a cada uno de los frascos K-D y colóquelos en un baño-maría. Concentre los productos de la elución hasta llegar a los 10 ml. (10 ml. deberán quedar en el tubo concentrador después de enfriado).
- 10) Saque los equipos K-D del baño-maría y enfríelos. Desármelos, enjuagando las uniones con no más de 3 ml de éter de petróleo.
- 11) Diluya o concentre para que sea compatible con el procedimiento determinativo usado.

SEGUNDA LIMPIEZA POR MEDIO DE COLUMNA

MgO - Celite

- 1) Transfiera 10 g de una mezcla a partes iguales de MgO y Celite (5 g de cada uno) a una columna cromatográfica de cristal que tenga un tapón retentor de lana de vidrio. Comprima la columna bastante fuerte apretando con una varilla de vidrio aplanada a un extremo (el vacío aplicado a la columna ayudará en este proceso).
- 2) Haga un lavado previo de la columna con 40 ml de éter de petróleo desechando el lavado y coloque el frasco K-D equipado con el tubo concentrador conteniendo una cuenta de vidrio debajo de la columna.
- 3) Transfiera el extracto concentrado de la anterior Elución, enjuagando el tubo concentrador varias veces con pequeñas porciones de éter de petróleo y deje que el extracto se hunda dentro del Absorbente. Eluya la columna con 100 ml de éter de petróleo.
- 4) Conecte una columna Snyder de 3 - bolas al frasco K-D y coloque el aparato en un baño-maría. Concéntralo hasta que queden uno 5 ml después de enfriado.
- 5) Enfríe y desarme el aparato enjuagando las uniones con éter de petróleo. Haga un volumen compatible con el procedimiento a realizar.

METODO FINAL

El extracto preparado se inyectó en un Cromatógrafo de Gases marca Hewlett-Packard, modelo 5710 A, dotado de detector de captura de electrones (Ni^{65}).

Se utilizaron para el respecto las siguientes condiciones de trabajo:

Columna de vidrio en forma elicoidal (de serpentín) de una longitud de 2 mts. y un diámetro de 5 mm, empacada al 1.5o/o OV - 17/1.95o/o QF - 1, sobre gas Chrom Q 100/120 mallas.

Temperatura de la columna 203° C

Temperatura de inyección 250° C

Temperatura de detector 300° C

Flujo de gas portador 50 ml/minuto (argón-metano 95.5)

MATERIALES

DE CAMPO

- Etiquetas
- Cáñamo
- Bolsas de nylon
- Papel aluminio
- Caja para muestras de suelo
- Pala
- Barreno para sacar muestras
- Cubeta

DE GABINETE

- Papel bond
- Tinta china
- Mapa a escala 1:20,000 de la región
(Hoja Huitzitzil No. 1958 III)

- Plano de la finca Escala 1: 10,000
- Rapidógrafos
- Lápiz
- Escalímetro
- Escuadras
- Reglas
- Borrador
- Mesa de trabajo
- Máquina de escribir
- Calculadora

DE LABORATORIO

PREPARACION DE LA MUESTRA

1. Criba Standar U.S No. 18
2. Mortero
3. Bandeja de aluminio
4. Papel aluminio

EXTRACCION

1. Aparato de extracción Soxhlet completo, con:
 - 6 frascos de fondo redondo de 125 ml.
 - 6 tubos de extracción
 - 1 condensador Friedrichs
2. 6 Manguitos Soxhlet para extracción
3. 6 concentradores Kuderna-Danish (K-D) equipados con:
 - Frascos de 250 ml.
 - Columnas Snyder de 3 bolas
 - Muelles de acero de 1/2 "
 - Tubos concentradores graduados en 10 ml.

4. Baño de agua capaz de mantener una temperatura de 95 - 100° C.
5. Serpentin. o unidad de calefacción equivalente, con transformador variable, de tamaño que se ajuste al frasco Soxhlet F. R. de 125 ml. de capacidad.
6. Balanza de precisión.
7. Varilla agitadora de cristal de aproximadamente 6" de longitud.

COLUMNA DE FLORISIL

1. Concentrador Kuderna-Danish (K-D) equipado con:
 - tubo concentrador graduado a 10 ml.
 - Frasco de 500 ml.
 - Columna Snyder, 3 bolas.
 - Muelles de acero de 1/2".
2. Columnas cromatográficas de 25 mm de diámetro exterior por 300 mm de longitud, con llaves de cierre, sin discos fritados.
3. Columnas micro-Snyder modificadas con uniones 19/22.
4. Lana de vidrio.
5. Baño-maría capaz de mantener una temperatura de 95 - 100° C.
6. Mufla
7. Evaporador rotatorio

LIMPIEZA POR MEDIO DE COLUMNA

MgO - Celite

1. Columna de cristal de 24 mm de diámetro interior y 300 mm de longitud.
2. Lana de vidrio.
3. Concentrador Kuderna-Danish (K-D) equipado con un tubo concentrador graduado a 10 ml.
 - Frasco de 250 ml.
 - Columna Snyder de 3 bolas
 - Muelles de acero
4. Bomba de vacío.

REACTIVOS

EXTRACCION

- 1) Acetona de calidad adecuada para pesticidas.
- 2) Hexano de calidad adecuada para pesticidas.
- 3) Mezcla para extracción - acetona/hexano, 1:1 (V/V).
- 4) Sulfato sódico anhidro granulado.
- 5) Nitrógeno gaseoso.

COLUMNA DE FLORISIL

- 1) Eter de petróleo de calidad adecuada para pesticidas.
- 2) Eter dietílico grado AR. (Debe contener 2o/o de etanol).
- 3) Mezcla para elución al 6o/o.
- 4) Mezcla para elución al 15o/o.
- 5) Florisil, malla 60/100 grado PR.
- 6) Sulfato sódico anhidro granulado.

LIMPIEZA POR COLUMNA MgO-Celite

- 1) Oxido de magnesio en polvo (MgO).
- 2) Celite 545 (tierra diatomácea).
- 3) Eter de petróleo con grado propio para pesticidas.

CUADROS DE RESULTADOS



COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
(ICAITI)

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY
Avenida La Reforma 4-47, Zona 10
GUATEMALA, C. A.

APARTADO POSTAL 1532
Cable: ICAITI
Telas: 5312-ICAITI-GU
TELEFONOS: 310631 y
317666

INFORME DE LABORATORIO

Nombre: Sr. Gustavo Mejicanos Cabrera
Institución: Facultad de Agronomía
Dirección: Universidad de San Carlos, Guatemala
Muestra: Suelos

Número de Registro: M-51032 al
M-51048
Fecha de recibo: 5 diciembre, 1983
Inicio análisis: 5 diciembre, 1983
Fecha de entrega: 19 marzo, 1984
Condiciones de la muestra:
tal como fue en-
tregada por el interesado.

RESULTADO:

En la muestra analizada:

Identificación ICAITI	#muestra	#Lote	Profundidad (cm)	DDE en	DDD mg	DDT / Kg	Dieldrin (ppm)	Endrin
M-51032	1	6	0-10	0.40	0.10	0.41	0.07	
M-51033	2	6	0-10	0.50	0.03	0.031	0.046	
M-51034	3	6	10-20	1.39	0.31	0.49	0.07	
M-51035	4	6	10-20	0.53	0.17	0.43	0.10	
M-51036	5	6	20-30	0.52	0.09	0.40	0.10	
M-51037	6	6	20-30	0.17	0.03	0.08	0.03	
M-51038	7	5	0-10	1.00	0.13	0.43	0.15	
M-51039	8	5	0-10	0.96	0.17	1.02	0.20	
M-51040	9	5	0-10	1.26	0.13	0.80	0.15	
M-51041	10	5	10-20	0.50	0.08	0.36	0.08	
M-51042	11	5	10-20	0.44	0.12	0.23	0.05	
M-51043	12	5	10-20	0.15	0.05	0.08	0.02	
M-51044	13	5	20-30	0.67	0.32	0.48	0.15	
M-51045	14	5	20-30	0.32	0.35	0.57	0.21	0.03
M-51046	15	5	20-30	1.00	0.31	0.66	0.19	0.04
M-51047	16	8	0-10	1.0	0.30	0.52	0.15	0.02
M-51048	17	8	0-10	0.65	0.34	0.81	0.16	

Observaciones:

Método: Cromatografía de gases

Analizado por:

Julia Alicia A. de Zersb



Jefe de Laboratorios



COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI)

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY
Avenida La Reforma 4-47, Zona 10
GUATEMALA, C. A.

ARMADO POSTAL 132
Código: ICAIT
Teléfono: 513-ICAIT-GU
TELEFAX: 310631,
317444

INFORME DE LABORATORIO

Nombre: Sr. Gustavo Mejicanos Cabrera
Institución: Facultad de Agronomía
Dirección: Universidad de San Carlos, Guatemala
Muestra: Suelos

Número de Registro: M-51049 al
M-51065
Fecha de recibo: 5 diciembre, 1983
Inicio análisis: 5 diciembre, 1983
Fecha de entrega: 19 marzo, 1984

Condiciones de la muestra:
tal como fue en-
tregada por el interesado.

RESULTADO:

CONTINUACION

Identificación ICAITI	#muestra	#Lote	Profundidad (cm)	DDE en	DDD mg	DDT /	Dieldrin Kg	Endrin (ppm)
M-51049	18	8	20-30	0.35	0.20	0.36	0.08	
M-51050	19	8	10-20	0.17	0.12	0.13	0.05	
M-51051	20	8	10-20	0.48	0.38	0.53	0.12	
M-51052	21	8	10-20	0.21	0.13	0.23	0.05	
M-51053	22	8	20-30	0.25	0.14	0.19	0.06	
M-51054	23	8	0-10	0.29	0.28	0.55	0.11	
M-51055	24	8	20-30	0.11	0.03	0.12	0.02	
M-51056	25	7	0-10	0.14	0.06	0.24	0.03	
M-51057	26	7	0-10	0.32	0.10	0.41	0.06	
M-51058	27	7	0-10	0.34	0.19	0.66	0.08	0.02
M-51059	28	7	10-20	0.45	0.36	0.88	0.14	
M-51060	29	7	10-20	0.35	0.32	0.49	0.12	
M-51061	30	7	10-20	0.40	0.13	0.40	0.08	
M-51062	31	7	20-30	0.33	0.11	0.23	0.04	0.26
M-51063	32	7	20-30	0.42	0.13	0.40	0.08	0.21
M-51064	33	7	20-30	0.23	0.11	0.16	0.06	0.10
M-51065	34	10	0-10	0.70	0.28	0.71	0.12	

Observaciones:

Método: Cromatografía de gases

Analizado por:

Julia Alicia A. de Leizaola



[Handwritten Signature]
Jefe de Laboratorio

CUADRO 1

**RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS ENCONTRADOS EN SUELOS
BAJO CULTIVO DE ALGODON EN TIQUISATE, ESCUINTLA
(RESIDUOS EN ppm A 0-10 cm DE PROFUNDIDAD)**

DDE	DDD	DDT	DDT + Metabolitos	DIELDRIN
1.00	0.13	0.43	1.56	0.20
0.96	0.17	1.02	2.15	0.15
1.26	0.13	0.80	2.19	0.15
0.40	0.10	0.41	0.91	0.07
0.56	0.03	0.31	0.90	0.05
0.14	0.06	0.24	0.44	0.03
0.32	0.10	0.41	0.83	0.06
0.34	0.19	0.66	1.19	0.08
1.00	0.30	0.52	1.82	0.15
0.65	0.34	0.81	1.80	0.16
0.29	0.28	0.55	1.12	0.11
0.32	0.20	0.38	0.90	0.11
0.42	0.24	0.41	1.07	0.15
0.70	0.28	0.71	1.69	0.12
0.70	0.33	0.71	1.74	0.13

CUADRO 2

**RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS ENCONTRADOS EN SUELOS
BAJO CULTIVO DE ALGODON EN TIQUISATE, ESCUINTLA**

(RESIDUOS EN ppm A 10-20 cm DE PROFUNDIDAD)

DDE	DDD	DDT	DDT + Metabolitos	DIELDRIN
0.50	0.08	0.36	0.94	0.08
0.44	0.12	0.23	0.79	0.05
0.15	0.05	0.08	0.28	0.02
1.39	0.31	0.49	2.19	0.07
0.53	0.17	0.43	1.13	0.10
0.45	0.36	0.88	1.69	0.14
0.35	0.32	0.49	1.16	0.12
0.90	0.13	0.40	0.93	0.08
0.17	0.12	0.13	0.42	0.05
0.48	0.38	0.53	1.39	0.12
0.21	0.13	0.23	0.57	0.05
0.61	0.39	0.80	1.80	0.23
0.31	0.19	0.34	0.84	0.11
0.41	0.21	0.74	1.36	0.11
0.34	0.25	0.75	1.34	0.12

CUADRO 3

**RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS ENCONTRADOS EN SUELOS
BAJO CULTIVO DE ALGODON EN TIQUISATE, ESCUINTLA**

(RESIDUOS EN ppm A 20-30 cm DE PROFUNDIDAD)

DDE	DDD	DDT	DDT + Metabolitos	DIELDRIN
0.67	0.32	0.48	1.47	0.15
0.32	0.35	0.57	1.24	0.21
1.00	0.31	0.66	1.97	0.19
0.52	0.09	0.40	1.01	0.10
0.17	0.03	0.08	0.28	0.03
0.33	0.11	0.23	0.67	0.04
0.42	0.13	0.40	0.95	0.08
0.23	0.11	0.16	0.50	0.06
0.35	0.20	0.36	0.91	0.08
0.25	0.14	0.19	0.58	0.06
0.11	0.03	0.12	0.26	0.02
0.23	0.12	0.17	0.52	0.07
0.32	0.20	0.35	0.87	0.10
0.76	0.39	0.90	2.05	0.13
0.05	0.03	0.09	0.17	0.02

CUADRO 4.

DISPERSION DE RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS
ENCONTRADOS EN SUELOS BAJO CULTIVO DE ALGODON
EN TIQUISATE, ESCUINTLA.

CONTAMINANTE mg./Kg (ppm)	PROFUNDIDAD (CM.)		
	0 – 10	10 – 20	20 – 30
*** DDE	0.600	0.450	0.380
** DDE	0.320	0.280	0.240
* DDE	53.30	62.20	63.15
*** DDD	0.192	0.210	0.170
** DDD	0.090	0.110	0.110
* DDD	46.80	52.30	64.70
*** DDT	0.539	0.460	0.344
** DDT	0.200	0.240	0.220
* DDT	37.10	53.17	63.95
*** DDT + Metabolitos	1.331	1.122	0.900
** DDT + Metabolitos	0.510	0.500	0.560
* DDT + Metabolitos	38.30	89.12	62.22
*** DIELDRIN	0.110	0.100	0.090
** DIELDRIN	0.040	0.040	0.030
* DIELDRIN	36.36	40.00	33.33

*** = Valor medio

** = Desviación Típica

* = Coeficiente de
Variación.
(expresado en por-
centaje)

CUADRO 5

RESIDUOS DE PESTICIDAS CLORADOS ENCONTRADOS

EN SUELOS NO ALGODONEROS USADOS PARA

CULTIVO DE SORGO Y PASTOS

(Residuos en ppm.)

USO	Profundidad en Cm.	DDE	DDD	DDT	DDT + metabolitos	Dieldrin	Endrin
Sorgo	0 - 10	1.70	0.59	1.86	4.15	0.58	0.18
"	10 - 20	1.54	0.56	1.34	3.44	0.54	0.15
"	20 - 30	1.34	0.71	1.34	3.39	0.46	0.39
"	0 - 10	1.30	0.45	0.82	2.57	0.30	0.14
"	10 - 20	0.60	0.32	0.93	1.85	0.28	0.10
"	20 - 30	0.69	0.30	0.61	1.60	0.25	0.08
Pastos	0 - 10	0.0050			0.005	0.0014	0.0021
"	10 - 20	0.0042			0.0042	0.0010	0.0015
"	20 - 30	0.0031			0.0031	0.0001	0.0031
"	0 - 10	0.0200	0.02	0.04	0.0800	0.0100	0.0200
"	10 - 20	0.0024			0.0024	0.0007	0.0070
"	20 - 30	0.0040			0.0040	0.0024	0.0072

DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a la metodología utilizada, los residuos de pesticidas detectados en los suelos analizados son los siguientes: DDE (Diclodifenil-dicloro-etileno), DDD (Dicloro-difenil-dicloroetano), DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano), Dieldrín y Endrín. Las concentraciones encontradas a cada profundidad se presentan en los cuadros de resultados identificados con los números 1, 2 y 3. El cuadro No. 4 corresponde a los promedios, la desviación típica y a el coeficiente de variación, que presentan la medida de la dispersión de los valores encontrados. En el cuadro No. 5 se presentan las concentraciones encontradas en suelos no algodoneros, usados para cultivo de sorgo y pastos.

La procedencia de los residuos encontrados en los suelos se debe a las aplicaciones de pesticidas clorinados, efectuadas al cultivo y al suelo. Es sabido que la cinética química de estos productos consiste en adherirse tanto a las plantas como al suelo, posteriormente la parte adherida a las plantas, se desplaza al suelo. En el suelo, la adsorción del producto químico dependerá del tipo de superficie de contacto, así como del tipo de producto. En el caso de la materia orgánica, es la que posee mayor tasa de adsorción de sustancias químicas, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico y a su afinidad con los compuestos orgánicos de síntesis; lo que constituye un aspecto muy importante al relacionar los niveles de contaminación encontrados en las muestras de suelos y el hecho de que a nivel de la materia orgánica se encuentran fauna y flora microbiana que realiza el proceso de descomposición de la misma; lo cual puede influir en términos de cantidad y tiempo de transformación, incidiendo en el comportamiento físico y químico del mismo suelo.

Los plaguicidas residuales clorados presentes en el suelo, están mermando los microorganismos del suelo, los cuales no han desarrollado un sistema enzimático que degrade totalmente productos tales como el DDT, debido a que estos productos poseen una estructura química diferente a la de aquellos compuestos que existen en forma natural.

La cantidad de sustancia química ligada al suelo y la intensidad con que es adsorbida está determinada por el "Calor de Solución", o sea el efecto calorífico que se produce al disolver un sólido en un líquido; el calor de solución es una función que se puede medir fácilmente en el laboratorio, una vez determinado, permite calcular la intensidad de la adhe-

rencia y por ende, la susceptibilidad de la sustancia química a la lixiviación y su persistencia. Por poseer el DDT un valor alto de "Calor de Solución", éste se adhiere fuertemente al suelo, posee baja solubilidad en agua, por lo que es escasamente acarreado por el agua. Esto explica la persistencia de este producto en el suelo a través del tiempo.

Los residuos llevados al suelo, pueden ser eliminados por vaporización; la velocidad de vaporización depende de la "Presión de Vapor" y el "Calor de Vaporización" del plaguicida. Existen también factores ambientales que influyen en la velocidad de vaporización, tal es el caso de la velocidad del viento, temperatura ambiental y el tipo de superficie adsorbente. Parte de la sustancia química llevada al suelo permanece allí como residuo que puede contaminar cultivos que se establezcan posteriormente, al ser absorbidos los residuos por el sistema radicular de la planta y acumularlos en las partes ricas en grasa. El DDT y sus metabolitos, así como el Dieldrín, debido a su capacidad de fijación, persisten por más largo tiempo en el suelo, requiriéndose doce años para que el 95 o/o de ellos desaparezca. Se ha constatado que la cantidad fijada de DDT en el suelo permanece activo después de ocho años de aplicado, en una proporción de un 40 o/o de la dosis inicial

Los pesticidas degeneran en otros productos en el medio ambiente, o son metabolizados por medio de los animales y las plantas, así, el DDT es rápidamente dehidroclorinado a DDE, compuesto menos tóxico, pero soluble en alto grado. Para que el DDE se puede metabolizar a DDT se necesitan condiciones alcalinas y la enzima DDT-dehidroclorinasa; las cepas de insectos resistentes al DDT tienen niveles altos de esta enzima, que degrada rápidamente el p,p'-DDT (Isómero del DDT con posición 1,4 - 1,4 en sus anillos bencénicos), aunque es ineficiente ante el o,p'-DDT (Isómero del DDT con posición 1,2 - 1,4 en sus anillos bencénicos). El DDE es el metabolito que interfiere con el metabolismo del calcio, para que se produzca la cáscara demasiado delgada en los huevos de las aves; estas aves pueden adquirir el DDE directamente del alimento, a través de gusanos del suelo, provocándose con ésto la eliminación de aves insectívoras benéficas.

Otra parte de DDT, a través de un proceso de dechloración reductiva, se transforma en DDD, ésto no es una destoxificación, ya que el poder insecticida es igual. Los microorganismos anaerobios del suelo convierten el 62 o/o del DDT a DDD en un período de Cuatro semanas.

El DDT y los metabolitos DDE y DDD fueron detectados en todos los suelos analizados, siendo sus niveles en ppm, elevados. Debido a que la adsorción del producto químico en el suelo es un proceso reversible y a la solubilidad que los metabolitos presentan, es factible que los pesticidas llegados al suelo percolen en el agua que se desplaza en el suelo y sean lixiviados hacia la napa freática y posteriormente llevados a los arroyos y el agua de los pozos. Como podemos ver en el cuadro No. 6 del apéndice, en Guatemala se han detectado residuos de DDT en el agua de pozo y de río, lo cual representa un riesgo para la salud humana. Los pesticidas adsorbidos por el suelo, al ser llevados a los ríos, que posteriormente desenvocan en los mares, provocan problemas de toxicidad a nivel de fito y zooplancton, que constituyen eslabones en la cadena trófica, pudiendo constituirse en fuente de contaminación para la población humana.

Por otro lado, fueron detectados epóxidos de derivados ciclodiénicos, tal es el caso del Aldrín y el Isodrín, cuyos epóxidos son el Dieldrín y el Endrín respectivamente. Estos productos al ser aplicados al suelo o a sistemas biológicos, tienen como propiedad común su gran persistencia y de modo especial su identidad de comportamiento biológico, al ser transformados mediante el metabolismo, por el mecanismo de epoxidación.

Los niveles de concentración en que se encontró el DDT más metabolitos, se presentan en el cuadro No. 4, mostrando el mismo, un gradiente de concentración cuya media disminuye hacia el estrato inferior, como se plantea a continuación:

Profundidad	$\bar{X}$ Concentración de DDT + metabolitos (ppm)
0 – 10 Cm	1.331
10 – 20 Cm.	1.122
20 – 30 Cm.	0.900

Se encontró también en los suelos estudiados, el epóxido del Aldrín que es el Dieldrín, sus medias tabuladas son:

Profundidad	$\bar{X}$ Concentración de Dieldrín (ppm)
0 – 10 Cm.	0.11
10 – 20 Cm.	0.10
20 – 30 Cm.	0.09

Aquí también puede observarse el patrón de comportamiento de la concentración, tal como se explica anteriormente.

Residuos del epóxido del Isodrín que es el Endrín, se encontró únicamente en 16 muestras procedentes del área sembrada con algodón. Los promedios en base al número de muestras en las que se detectó el residuo, se presentan a continuación:

Profundidad	No. de Muestras	$\bar{X}$ Concentración de Endrín (ppm)
0 - 10 Cm.	4	0.09
10 - 20 Cm.	4	0.07
20 - 30 Cm.	8	0.10

Aquí no puede hablarse del mismo patrón de concentración por cuanto se han obtenido medias de diferentes puntos de muestreo, a un mismo nivel de profundidad, permitiéndose que se de el efecto de valores extremos.

Se recolectaron dos muestras adicionales a cada profundidad, en el área sembrada con sorgo de la finca estudiada. Como se puede notar, los residuos en dichos pantes son sustancialmente mayores. En una muestra se registró el límite máximo de concentración de DDT más metabolitos detectado en el estudio, que es de 4.15 ppm., dicha muestra fue obtenida en una profundidad de 0 - 10 Cm.

Las medias obtenidas obtenidas en los pantes sembrados con sorgo son:

Profundidad	$\bar{X}$ Concentración de DDT + metabolitos (ppm)
0 - 10 Cm.	3.36
10 - 20 Cm.	2.64
20 - 30 Cm.	2.50

El hecho de haber obtenido mayores promedios de DDT más metabolitos en los pantes sembrados con sorgo se puede explicar porque estos pantes han sufrido repetidas inundaciones en los inviernos, con la consecuente deposición de sedimentos de suelo arrastrados por la escorrentía, proveniente del área aldononera situada en la parte alta. Este constituye un factor importante en la dispersión de la contaminación a otros suelos, ríos, esteros y mares. El encontrar un gradiente de concentración más alto, debe llamar la aten-

ción, por cuanto la tasa de contaminación puede variar en función de la forma como los contaminantes se dispersan, en el caso particular del pante de sorgo, de aquí pasa del suelo a la planta, de ésta a la proteína animal, para posteriormente pasar al ser humano, en el cual se concentrará en mayor proporción por el efecto de la magnificación biológica, debido a la no biodegradabilidad de estos productos.

Por otro lado, los resultados obtenidos en las muestras recolectadas en suelos sin historial de manejo agrícola y uso de pesticidas, presentaron residuos de DDT, Dieldrín y Endrín. Esto se debe a que existen rutas de contaminación a los suelos de la costa sur, ya sea por el arrastre atmosférico de pesticidas provenientes de las aplicaciones aéreas, del polvo arrastrado de los suelos tratados previamente, por el viento y la lluvia básicamente. Por lo anterior se puede establecer que la costa sur de Guatemala tiene muchas rutas de contaminación.

La presencia de plaguicidas residuales en el suelo, está degradando su calidad, debido a que altera la actividad de la fauna microbiana, que participa en la fase detritívora de la cadena trófica; así como también, afecta el comportamiento de la flora microbiana del suelo, a la vez que elimina insectos predadores y parásitos de aquellos insectos fitófagos.

Por estar el cultivo del algodón en lo que Smith denomina "Etapas de Crisis", tierras anteriormente utilizadas en dicho cultivo, actualmente se están sembrando con maíz, sorgo u otro cultivo. Como podemos ver en el cuadro No. 6 del apéndice, en Guatemala se han detectado residuos de DDT en maíz y sorgo.

Muchas de las tierras anteriormente algodonerías, actualmente se están dedicando con fines ganaderos; los pastos sembrados en dichos suelos, mediante absorción radicular, se contaminan con residuos de pesticidas clorados, lo cual redundaría en residuos en carne y leche bovina. En el cuadro No. 6 se presentan datos de concentraciones de DDT encontrados en pastos, carne y leche bovina.

Por otro lado, como podemos notar en el cuadro No. 6 del apéndice, se han detectado residuos de DDT en la semilla de algodón, en la Harina de semilla de algodón, en el maíz y en el sorgo; estos productos son utilizados en la elaboración de concentrados para la dieta de aves de carne y huevos, de bovinos, suínos, etc.; lo que hace evidente el hecho de que los diferentes animales criados para el consumo humano están recibiendo residuos de pesticidas clorados en su alimentación. Por ser los residuos de pesticidas clorados muy

persistentes, estables y por ser no polares, se concentran en la grasa y tejido adiposo; dicho fenómeno ha afectado en los últimos años la exportación de la carne bovina, ya que se han dado fuertes limitaciones por parte de los países importadores, llegándose a rechazar embarques completos, por poseer residuos de pesticidas superiores a los límites aceptados por el departamento de agricultura de los Estados Unidos. Lo anterior implica que, productos tales como la carne de cerdo, pollo, conejo, los huevos, etc. al ser los animales alimentados con concentrados provenientes de cultivos de maíz, sorgo, algodón, establecidos en suelos contaminados, pueden llegar a concentrar niveles superiores a los límites internacionales de tolerancia, y además, pudiendo llegar a tener limitaciones en caso de querer exportarse, así como también afectando la salud del pueblo.

Por otra parte, los gusanos de tierra también presentan residuos de pesticidas, éstos, junto con insectos fitófagos y otros, forman parte de la dieta de muchas aves insectívoras, las cuales también presentan niveles muy altos de residuos de DDT, que interfieren en las tasas de reproducción, en el metabolismo del calcio, produciendo cáscaras muy delgadas en los huevos, siendo una de las razones de su extinción.

Como podemos ver, los diferentes componentes del ambiente presentan residuos de pesticidas clorados ; partiendo de los sustratos suelo y agua, llegan a vegetales, a consumidores animales, siendo evidente la ruta que llega hasta el hombre.

Por presentar los residuos de pesticidas, peligro para la salud humana, se han establecido para los alimentos, niveles máximos de tolerancia, los que son cuidadosamente controlados por países desarrollados, pero que en nuestro medio se hace caso omiso, por lo que se consume en la dieta ordinaria humana, en muchos casos, la máxima ingesta diaria para muchos alimentos. Este consumo de residuos de pesticidas ha determinado la presencia de los mismos, incluso en la leche materna de diferentes regiones del país, consumiendo los lactantes hasta 207 veces más, la máxima ingesta diaria admisible para leche.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo señalado en la discusión de resultados, podemos decir que la contaminación encontrada en los suelos usados con el cultivo de algodón en Tiquisate-Escuintla, es significativamente importante, en cuanto al nivel de contaminación y debido a la ruta que toma hasta llegar al hombre.

Por ser estos productos no-biodegradables, es decir, no participan en el metabolismo celular, se van concentrando en mayor proporción a medida que la cadena trófica se hace más larga. De acuerdo a lo anterior, es importante señalar que de ser utilizados estos suelos con fines ganaderos, es inevitable que los pastos absorban del suelo los residuos y los trasloquen a los tejidos aprovechados por los rumiantes, lo que redundaría en contaminación para carne y leche. De ser usados estos suelos con cualquier otro cultivo, éstos acumularán residuos en diferente proporción, de acuerdo al contenido de grasa de cada parte de la planta. Cultivos como la soya, ajonjolí, cacahuates, etc., acumularían altos niveles de residuos en sus semillas, por poseer éstas, altos niveles de lípidos; manifestándose posteriormente en los productos industriales como aceite.

Se logró determinar que a pesar de no haberse usado pesticidas en suelos de una parcela de la "Nueva Concepción", éstos presentaron residuos, que, aunque en mínima cantidad, evidencian la dispersión que los pesticidas alcanzan por efecto del viento básicamente; esta situación es muy importante, por cuanto los suelos dedicados al algodón se constituyen en focos permanentes de contaminación, para áreas vecinas de cultivos, para mantos de agua; creando serios problemas al plancton, así como para la atmósfera. Así mismo, al analizar el comportamiento del gradiente de contaminación, puede decirse que por lixiviación los contaminantes descienden a través del perfil del suelo hasta alcanzar el agua subterránea, así como que esta contaminación afecta la actividad de los microorganismo del suelo.

BIBLIOGRAFIA

1. BARBERA, C. Pesticidas agrícolas. 3 ed. Barcelona, España, Omega, 1976. 564 p.
2. BARRIOS GUANES, S.M. Problemas de contaminación de alimentos con residuos de plaguicidas. In Conferencia Interamericana sobre toxi-infrecciones de origen alimentario. Guatemala, INCAP, 1974. s.p.
3. BLOOD, D.C. Y HENDERSON, J.A. Medicina veterinaria. Trad. por J. Roig. 2a. ed. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. pp.897-906.
4. CAMPOS, M. de. Plaguicidas y residuos como problema actual. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 203-209.
5. _____. Química y metabolismo de plaguicidas. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América, Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 55-69.
6. CASTRO QUIROZ, E.H. Determinación de DDT en grasa de cerdo de canales destinados para abasto de la ciudad de Guatemala. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1978. 34 p.
7. DAXL, RAINER. Impacto del control integrado de plagas del algodón sobre economía y bienestar humano. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 132-152.
8. ESCOBAR AVILA, A. Evaluación de la incidencia residual de plaguicidas clorados en ganado bovino en diferentes zonas de la república de Guatemala. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina y Zootecnia, 1978. 34 p.
9. FALCON, L.A. y SMITH, R.F. Manual de control integrado de plagas. Roma, FAO., 1974. 87 p.
10. FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS, Departamento Técnico Agrícola, Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. 2 ed. Bogotá, 1980. 452 p.
11. FREED, V. Dinámica química. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 70-84.
12. _____. Formulación y aplicación de pesticidas. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 103-122.

13. GUATEMALA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley reguladora sobre la importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas. Decreto No. 43-74. Guatemala, 1974. p.18-43.
14. HERNANDEZ DE BALDETTY, M.E. Dosificación de insecticidas organofosforados en fluidos humanos. Tesis de Químico Farmaceutico. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1981. 42 p.
15. HOOVER, J.R. et al. Reminton's pharmaceutical sciences. 15 ed. Philadelphia, Mack Publishing Co., 1975. 1972 p.
16. INSTITUTO CENTRO AMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Estudio de las consecuencias ambientales y económicas del uso de plaguicidas en la producción de algodón de Centro América. Guatemala, ICAITI, 1977. 335 p.
17. IRIAS, J.M. y MC. PHERSON, W.J. Protección ambiental y seguridad en operaciones petroleras. Guatemala, Dirección General de Minería e Hidrocarburos, 1980. 124 p.
18. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Manejo y control de plagas de insectos. Trad. por M. Rodríguez. México, Limusa, 1980. 522 p.
19. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Aumentan peligrosos residuos químicos ambientales. Prensa Libre, Guatemala; Oct. 14, 1978:88.
20. PANEL FORUM sobre contaminación. Guatemala, Septiembre de 1978. Ponencia. Guatemala, Universidad de San carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 7 p.
21. PARDO VALLE, C.J. Residuos de pesticidas organoclorados en la leche materna de Guatemala. Tesis de Químico Farmaceutico. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1974. 7 p.
22. PILON, M. Sabe usted que es el agente naranja. Prensa Libre, Guatemala; Jul. 21, 1983: 11.
23. PRIETO PEREZ, T. Análisis de plaguicidas. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 85-102.
24. ROMERO, A. Vigilancia y estudios epidemiológicos de las intoxicaciones por plaguicidas. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 282-296.

25. STROBBE, M.A. Orígenes y control de la contaminación ambiental. México, Continental, 1973. 483 p.
26. TURK, A. et al. Ecología-contaminación-medio ambiente. Trad. por C.G. Ottenwaelder. 7 ed. México, Nueva Editorial Interamericana, 1973. 227 p.
27. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE. Report of the Secretary's Commission on Pesticides and Their Relationship to Environmental Health. Washington, D.C., 1969. 677 p.
28. URRUTIA GUERRERO, J.K. Desarrollo de una técnica de biopsia de tejido adiposo subcutáneo para análisis de residuos de plaguicidas clorados en ganado bovino. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1976. 35 p.
29. YATES, W. Tendencia moderna en la aplicación de plaguicidas. In regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 178-189.
30. ZEISSIG, J.A. de. Arrastre de los plaguicidas por el aire, resultados de una experiencia en Guatemala. In Seminario regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 210-221.
31. _____. Investigación de insecticidas residuales en la fauna marina de los esteros de la costa sur de Guatemala. Tesis de Químico Farmaceutico. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1971. 50 p.

Vó 30

Potualle



CUADRO No. 1

RELACION ENTRE LOS RESIDUOS DE PESTICIDAS EN LA SEMILLA
DE DIFERENTES CULTIVOS Y LA CONCENTRACION
DE RESIDUOS EN EL SUELO

	CULTIVO	RESIDUOS EN LEL		RESIDUOS EN EL	
		SUELO	ppm	CULTIVO	ppm
HEPTACLORO y HEPTACLORO EPOXIDO	MAIZ	0.5	4.0	0.002	0.01
	CEBADA	0.5	4.0	0.002	0.02
	AVENA	0.5	4.0	0.008	0.08
ALDRIN Y DIELDRIN	MAIZ	0.35	3.5	0.002	0.008
	CEBADA	0.35	3.5	0.006	0.015
	AVENA	0.35	3.5	0.007	0.08

FUENTE: Bruce et al (16)

CUADRO No. 2

CENTROAMERICA

PROMEDIO DE USO DE PLAGUICIDAS EN LA PRODUCCION DE ALGODON

1972/73 – 1974/75 (Kg/Ha I.A.)

PAIS	1972/73	1973/74	1974/75
EL SALVADOR	58.4	72.1	70.0
GUATEMALA	45.6	75.2	79.9
HONDURAS	–	27.0	19.3
NICARAGUA	51.2	44.1	49.8

FUENTE: ICAITI, CONAL, y para 1974/75 en Nicaragua, el Banco Nacional de Nicaragua

– No disponible

En ICAITI (16)

CUADRO No. 3

**CARGA TOTAL DE PLAGUICIDAS EN EL
AMBIENTE CENTROAMERICANO**

1972 – 1975 (en Kg)

PAIS	1972	1973	1974	1975
EL SALVADOR	9 014 838	12 530 783	11 068 537	7 293 718
GUATEMALA	5 292 127	10 264 903	11 208 665	13 471 380
HONDURAS	—	226 800	158 916	—
NICARAGUA	7 123 657	7 809 774	4 859 074	—
CENTRO AMERICA	—	30 832 260	27 295 197	—

FUENTE: ICAITI (16)

CUADRO No. 4

CENTROAMERICA

CARGA DE PLAGUICIDAS POR SUPERFICIE TOTAL POR PAIS

1972 - 1975 (en Kg/Km²)

PAIS	1972	1973	1974	1975
EL SALVADOR	427.0	593.5	424.2	345.4
GUATEMALA	48.6	94.4	102.9	123.7
HONDURAS	—	2.02	1.42	—
NICARAGUA	60.2	66.0	41.0	—
CENTROAMERICA	—	85.5	75.7	—

FUENTE: ICAITI (16)

CUADRO No. 5

CENTROAMERICA

USO DEL DDT EN LA PRODUCCION DE ALGODON

1974/75

PAIS	LIBRAS/MANZANA	Kg/Ha
EL SALVADOR**	10.28	67
GUATEMALA	15.77	10.22
HONDURAS	3.72	2.41
NICARAGUA	9169	6.28

FUENTE: ICAITI

CONAL, NICARAGUA

ALGOSUR: Honduras

** Encuesta de Fincas en Todo el País

* Encuesta de Fincas en la Gomera

En ICAITI (16)

CUADRO No. 6

CENTROAMERICA: PROMEDIO DE CONTAMINACION DE DDT EN COMPONENTES AMBIENTALES SELECCIONADOS, EN ppm. 1974-76

Componentes ambientales		EL SALVADOR			GUATEMALA			HONDURAS			NICARAGUA		
		x	s	n	x	s	n	x	s	n	x	s	n
Substr.	Agua de pozo	0.0055	0.0076	2	0.00020	0.00038	60	0.00011	0.00016	14	0.000065	0.00012	23
	Agua de río	0.00015	0.00022	21	0.033	0.108	11	0.00099	0.0011	9	0.000054	0.000067	9
	Agua de estero	0.000043	0.000033	14	0.0	0.0	1	0.00011	0.000096	6			
	Maíz	0.0055	0.0081	29	0.0119	0.0075	4	0.019	0.023	14			
	Arroz	0.88	0.92	2				0.32	0.34	3	0.16	0.16	1
	Frijol	0.011	0.014	24				0.015	0.018	6			
	Sorgo	0.24	0.40	12	0.646	0.528	2	0.033	0.024	7			
	Semilla Algodón				32.15	84.26	7	0.092	0.061	5	0.242	0.179	5
	Harina Sem. Alg.				0.162	0.179	6						
	Ajonjolí							0.010	0.00502	2			
Productores *	Alim. para animales				0.18	0.20	3	0.063	0.063	1	0.126	0.160	2
	Hierbas comestibles				0.185	0.209	9	0.030	0.024	2			
	Pastos				0.72	1.27	42						
	Fruto	0.007	0.11	18	0.23	0.46	6						
	Tabaco	0.15	0.16	21									
Consumidores **	Gusanos de tierra				1.41	1.41	1	0.60	0.60	1			
	Sapos				4.035	3.033	2						
	Camarones	0.40	0.78	57	4.06	5.419	3	0.090	0.056	2	0.42	0.69	14
	Otros mariscos	0.46	1.40	70	3.070	3.838	5	0.071	0.071	1			
	Peces	2.77	4.44	142	8.26	13.59	9	0.63	1.30	20	1.53	1.47	22
	Reptiles				0.14	0.16	4	0.021	0.018	3	1.80	2.97	26
	Pájaros				8.57	9.93	2	4.63	4.63	1	35.05	28.56	3
	Carne	6.29	11.46	13	4.93	6.60	302						
	Queso	3.06	4.80	20									
	Leche	7.29	12.09	49	4.54	5.16	408	2.54	2.84	7	36.05	32.66	32

Fuente: ICAITI (16)

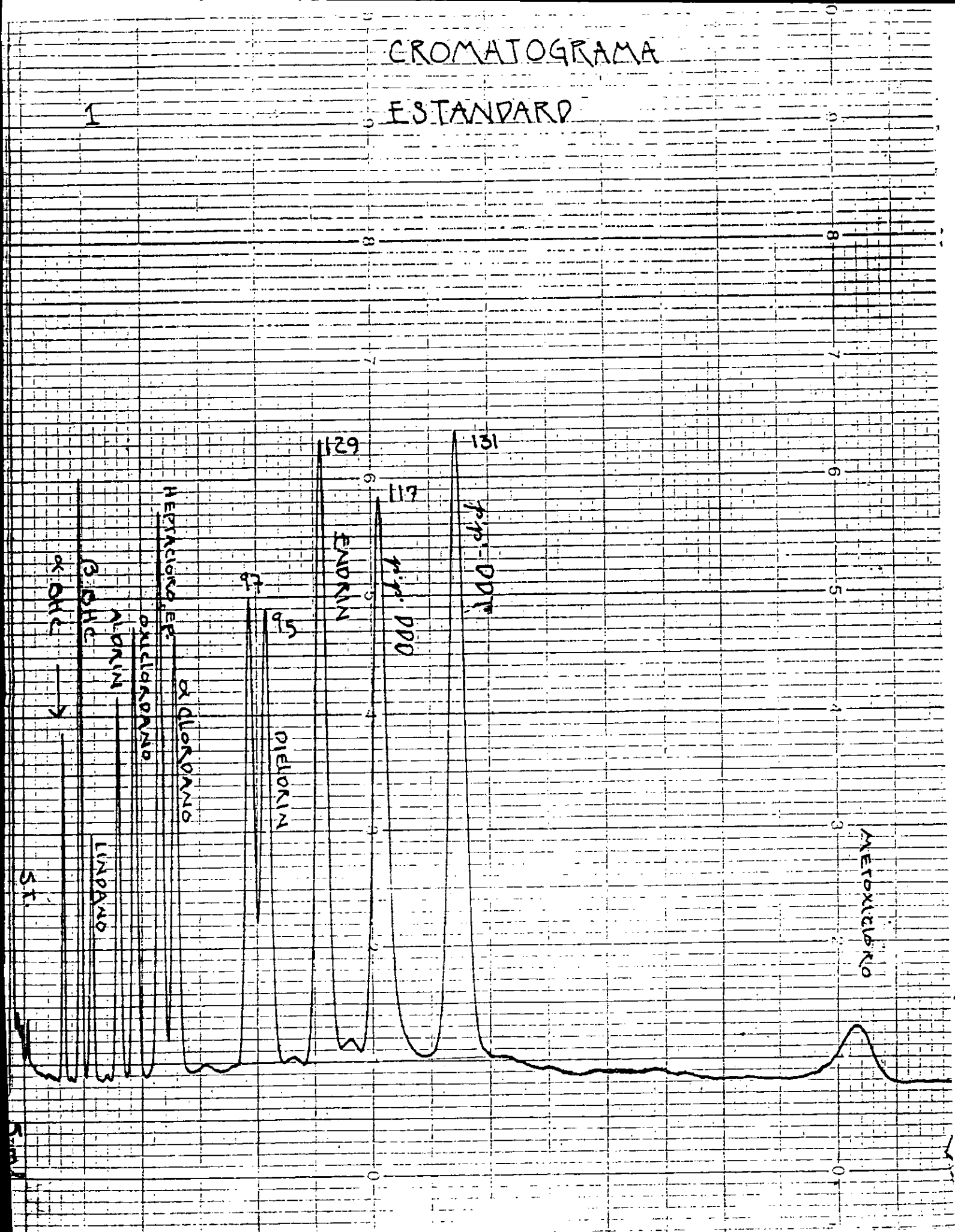
*plantas y productos de plantas

** Animales y productos animales

CROMATOGRAMA

ESTANDARD

1



0-10 CM / ALGODON

2

N.I.

1:10

5 m.l.

140

$$DDE = \frac{100 \times 0.0825 \times 140}{10 \times 5 \times 60} = 0.40$$

$$DDP = \frac{100 \times 0.036 \times 37}{10 \times 5 \times 13} = 0.10$$

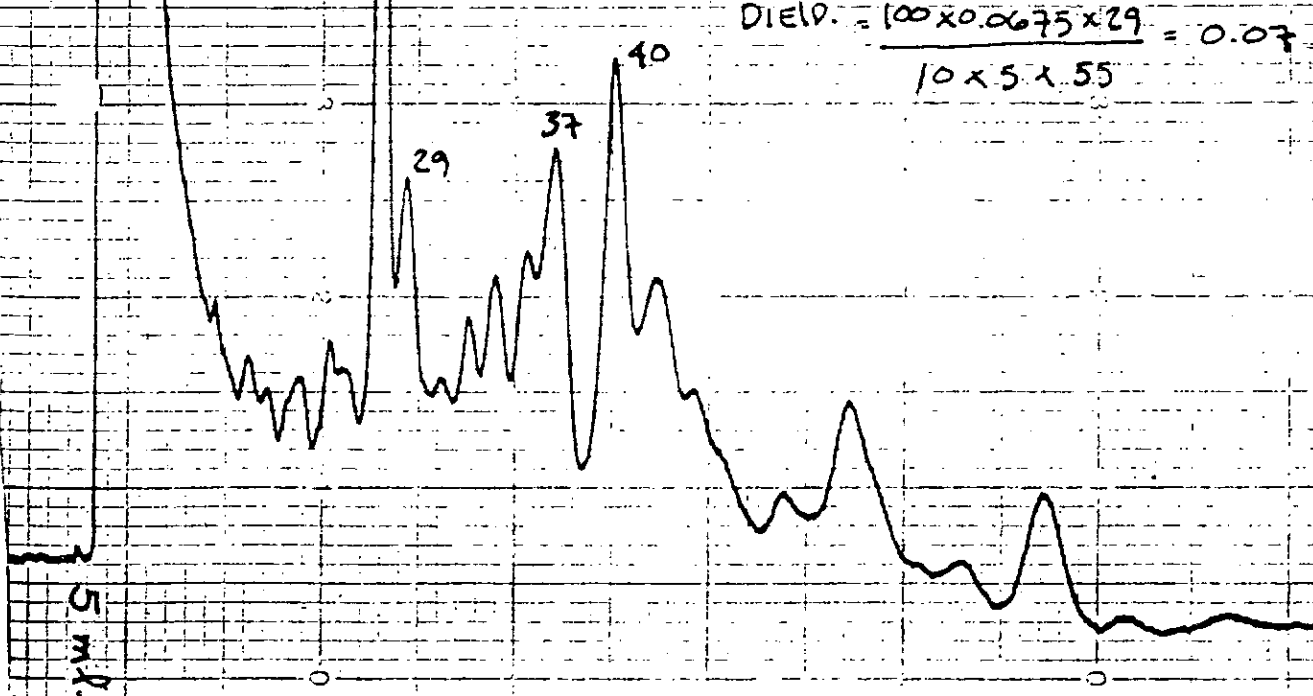
$$DDT = \frac{100 \times 0.20 \times 40}{10 \times 5 \times 39} = 0.41$$

$$Dield. = \frac{100 \times 0.0675 \times 29}{10 \times 5 \times 55} = 0.07$$

29

37

40



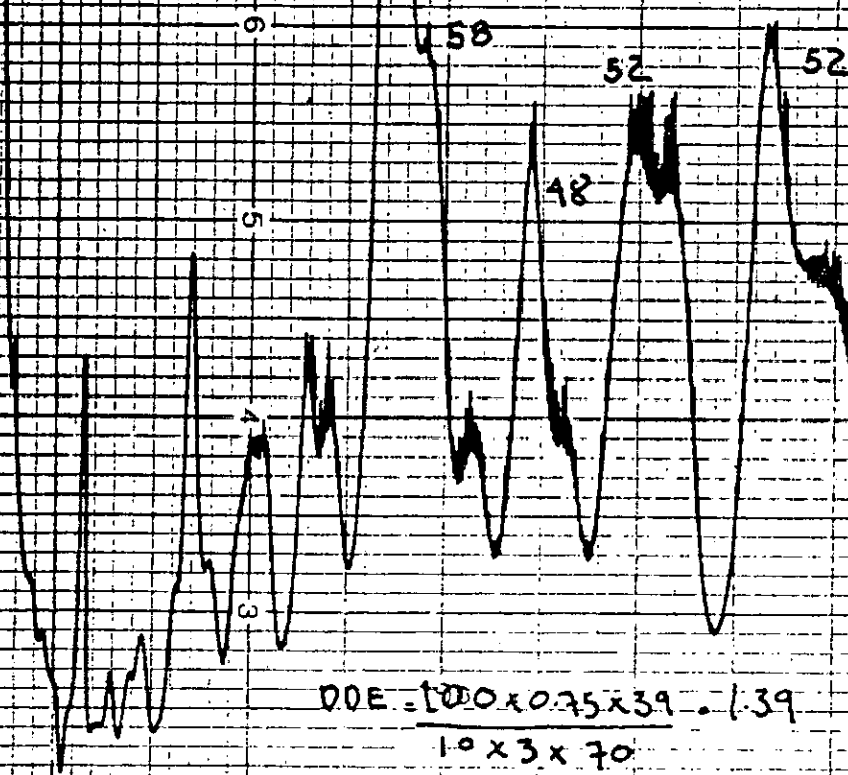
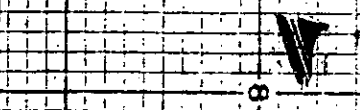
10-20 CM / ALGODON.

3

1.3

1.10

3 m



$$DDE = \frac{100 \times 0.75 \times 39}{10 \times 3 \times 70} = 1.39$$

$$DDP = \frac{100 \times 0.1548 \times 52}{10 \times 3 \times 85} = 0.31$$

$$DDT = \frac{100 \times 0.2994 \times 52}{10 \times 3 \times 104} = 0.499$$

$$DIEI = \frac{100 \times 0.075 \times 58}{10 \times 3 \times 69} = 0.07$$

20-30 cm / ALG005N

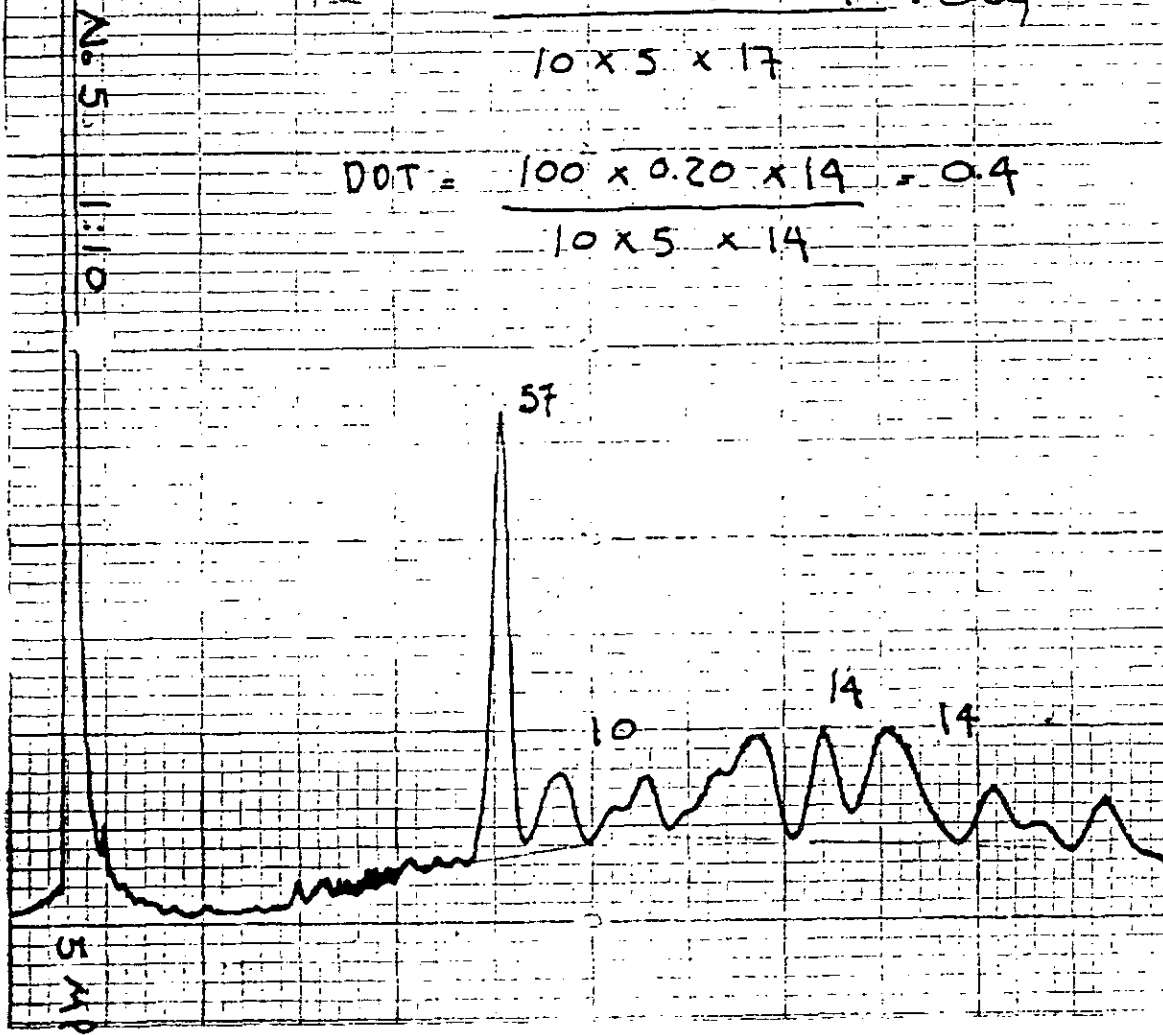
4.

$$DDE = \frac{100 \times 0.0225 \times 57}{10 \times 5 \times 18} = 0.52$$

$$DIEI = \frac{100 \times 0.0675 \times 10}{10 \times 5 \times 13} = 0.10$$

$$DDD = \frac{100 \times 0.056 \times 14}{10 \times 5 \times 17} = 0.09$$

$$DDT = \frac{100 \times 0.20 \times 14}{10 \times 5 \times 14} = 0.4$$



0-10 CM / PASTOS

5

$$DOE = \frac{10 \times 0.125 \times 44}{10 \times 3 \times 124} = 0.02$$

$$DOO = \frac{10 \times 0.2590 \times 42}{10 \times 3 \times 180} = 0.102$$

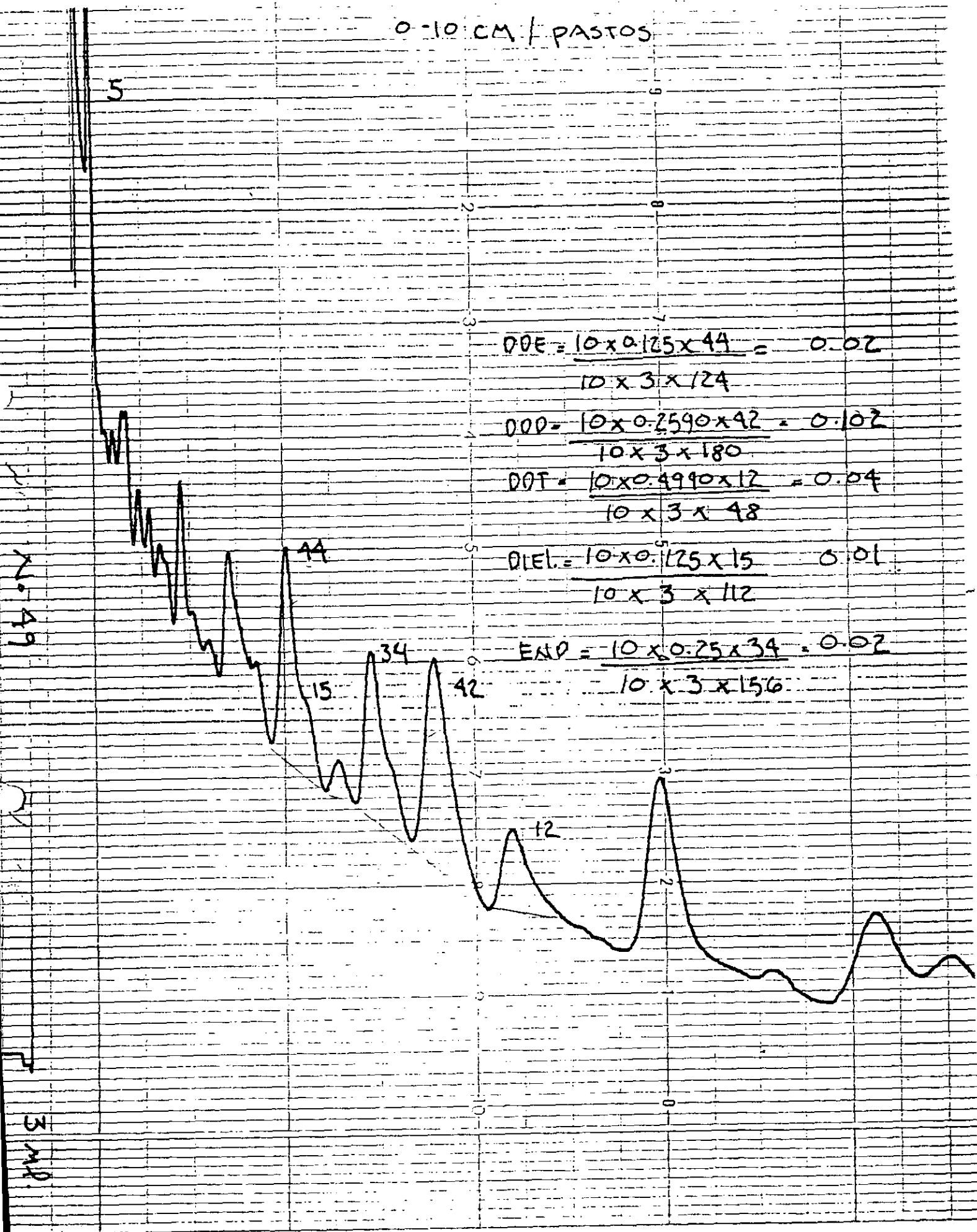
$$DOF = \frac{10 \times 0.4990 \times 12}{10 \times 3 \times 48} = 0.04$$

$$DIEI = \frac{10 \times 0.125 \times 15}{10 \times 3 \times 112} = 0.01$$

$$END = \frac{10 \times 0.25 \times 34}{10 \times 3 \times 156} = 0.02$$

N. 49

3 m. 8.



10-20 CM / PASTO

6

6

2

8

3

7

4

6

5

5

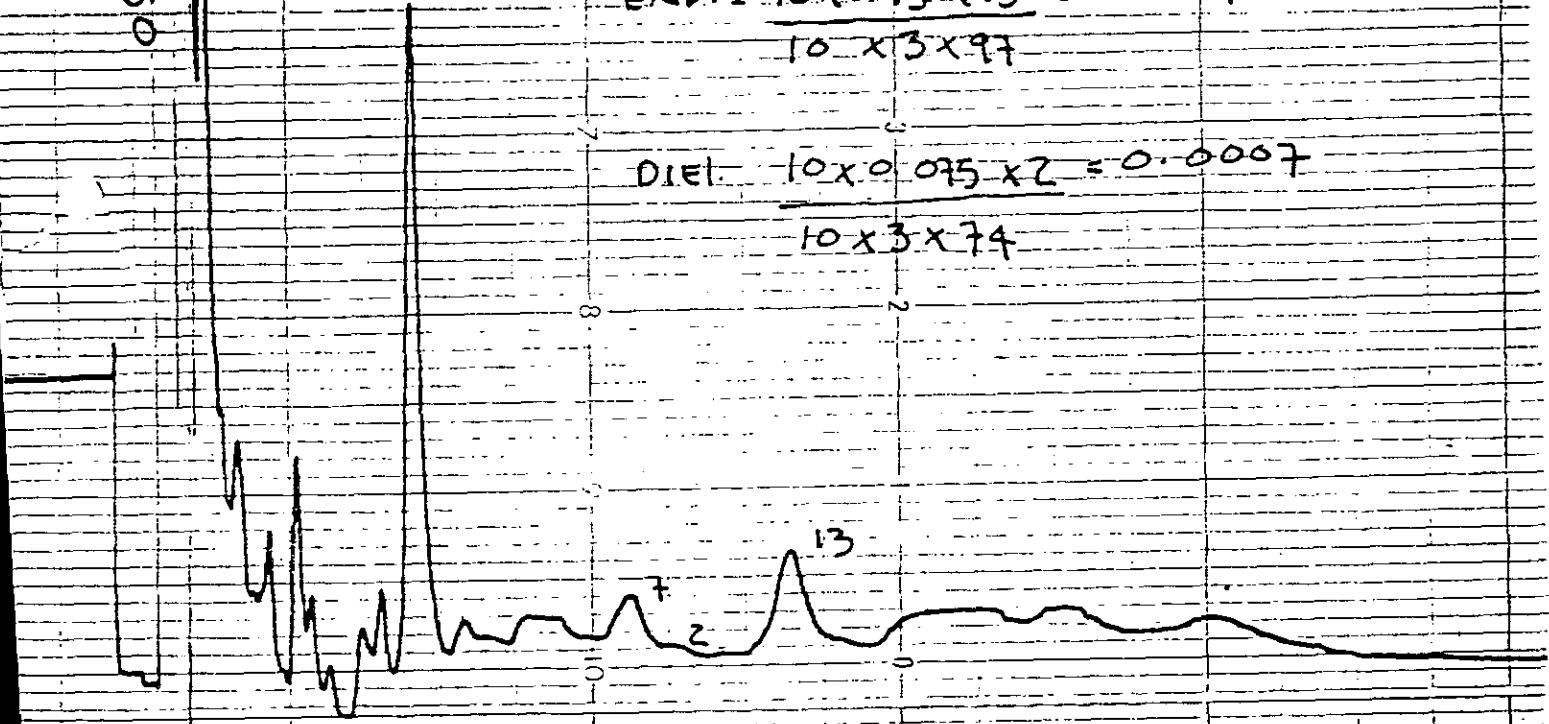
$$DOE = \frac{10 \times 0.075 \times 7}{10 \times 3 \times 72} = 0.0024$$

$$END. = \frac{10 \times 0.15 \times 13}{10 \times 3 \times 97} = 0.007$$

$$DIEL. = \frac{10 \times 0.075 \times 2}{10 \times 3 \times 74} = 0.0007$$

2.50

3.29



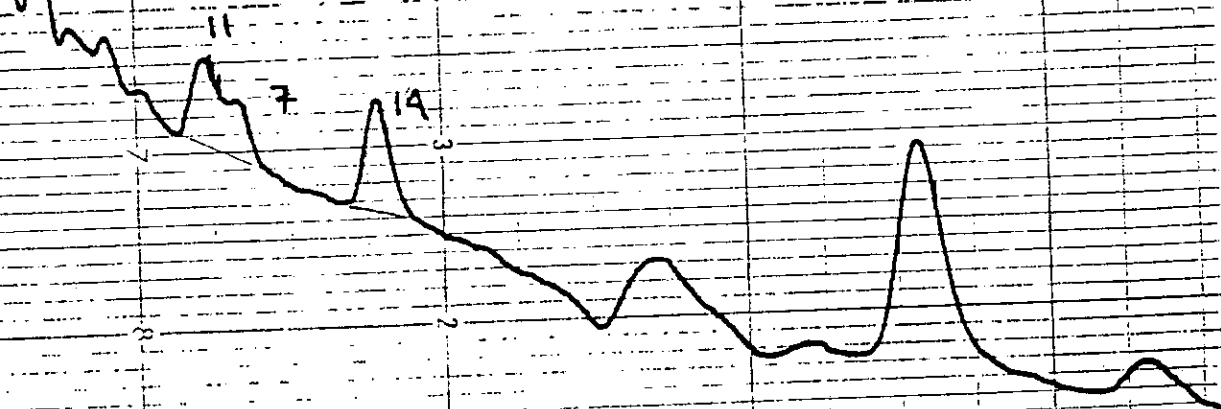
20-30 CM / PASTO

7

$$DOE = \frac{10 \times 0.075 \times 11}{10 \times 3 \times 72} = 0.004$$

$$END = \frac{10 \times 0.15 \times 14}{10 \times 3 \times 97} = 0.0072$$

$$DIELO = \frac{10 \times 0.075 \times 7}{10 \times 3 \times 74} = 0.0024$$



3 m

0-10 CM / SORGO

8

$$ODE = \frac{1000 \times 0.075 \times 43}{10 \times 3 \times 63} = 1.7$$

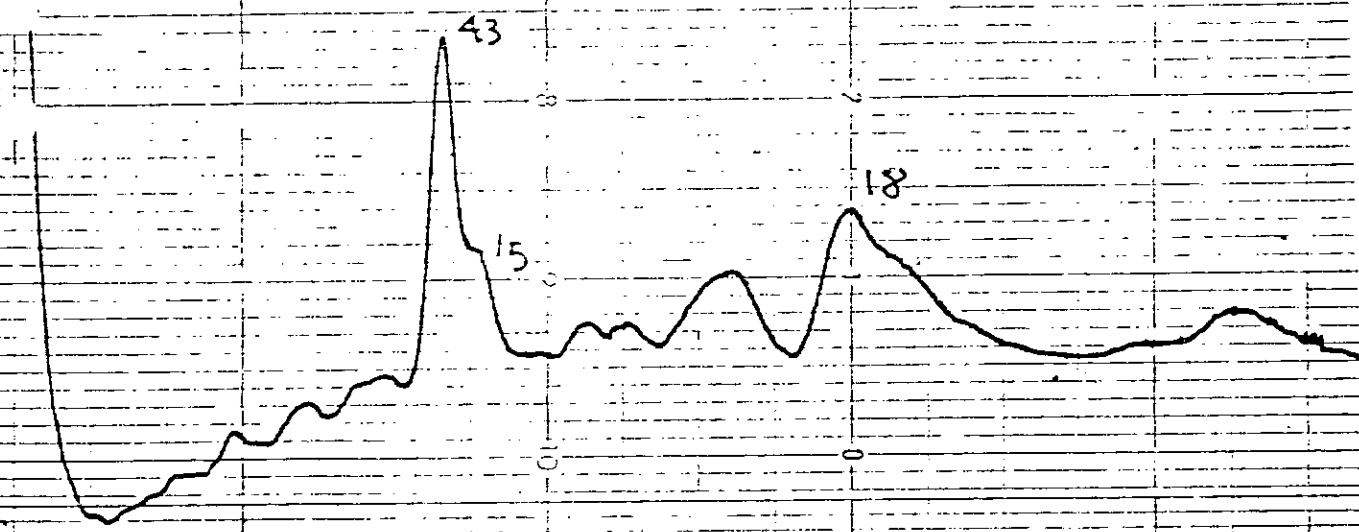
$$PDD = \frac{100 \times 0.1554 \times 91}{10 \times 3 \times 80} = 0.59$$

$$DOT = \frac{1000 \times 0.2994 \times 18}{10 \times 3 \times 96.5} = 1.86$$

$$DIE = \frac{1000 \times 0.075 \times 15}{10 \times 3 \times 65} = 0.58$$

$$END = \frac{100 \times 0.15 \times 32}{10 \times 3 \times 89} = 0.18$$

55
1100
3M



10-20 CM / SORGO

9

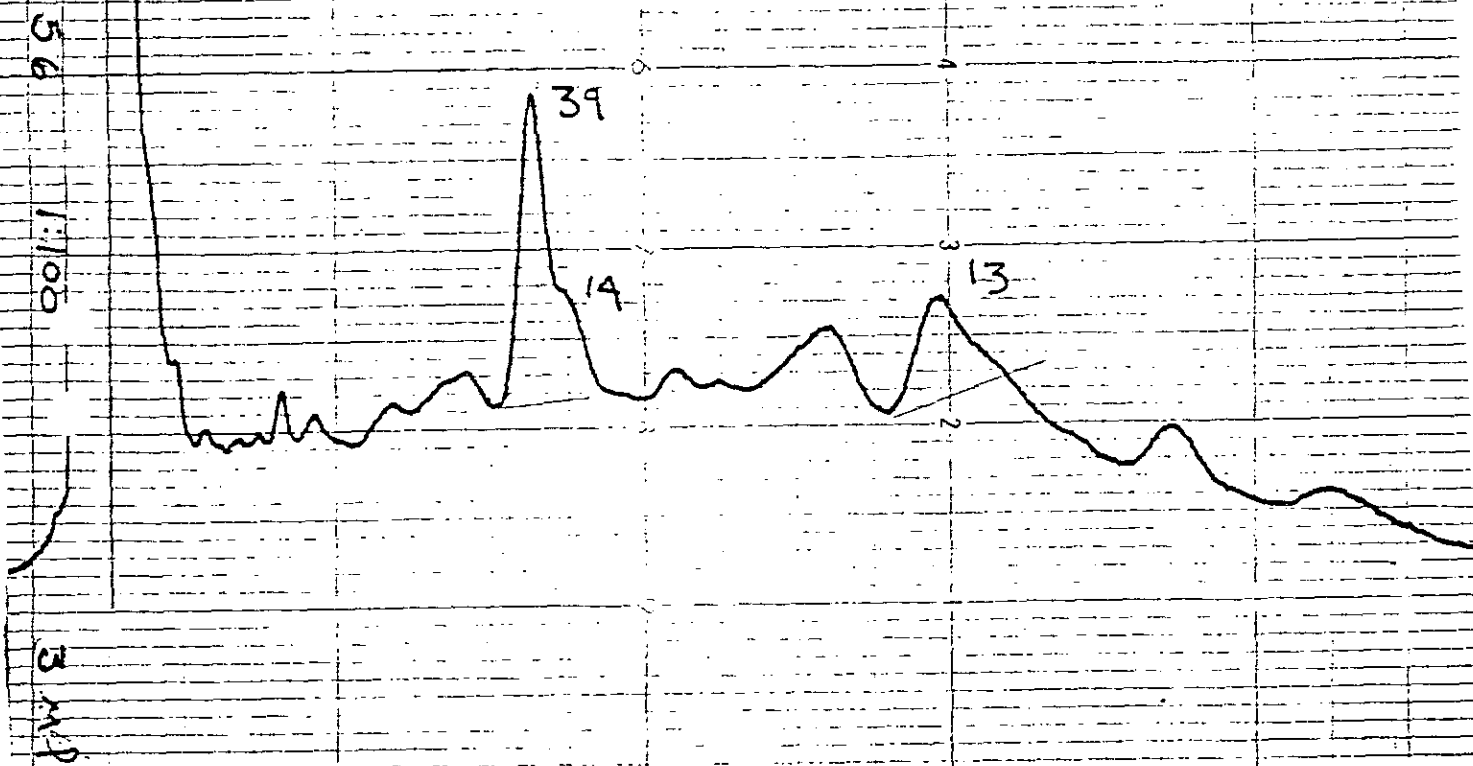
$$ODE = \frac{1000 \times 0.075 \times 39}{10 \times 3 \times 63} = 1.54$$

$$ODD = \frac{100 \times 0.1554 \times 86}{10 \times 3 \times 80} = 0.56$$

$$ODT = \frac{1000 \times 0.2994 \times 13}{10 \times 3 \times 96.5} = 1.34$$

$$DIEI = \frac{1000 \times 0.075 \times 14}{10 \times 3 \times 65} = 0.54$$

$$END = \frac{100 \times 0.15 \times 27}{10 \times 3 \times 89} = 0.15$$



20-30 cm / SOR 20

10

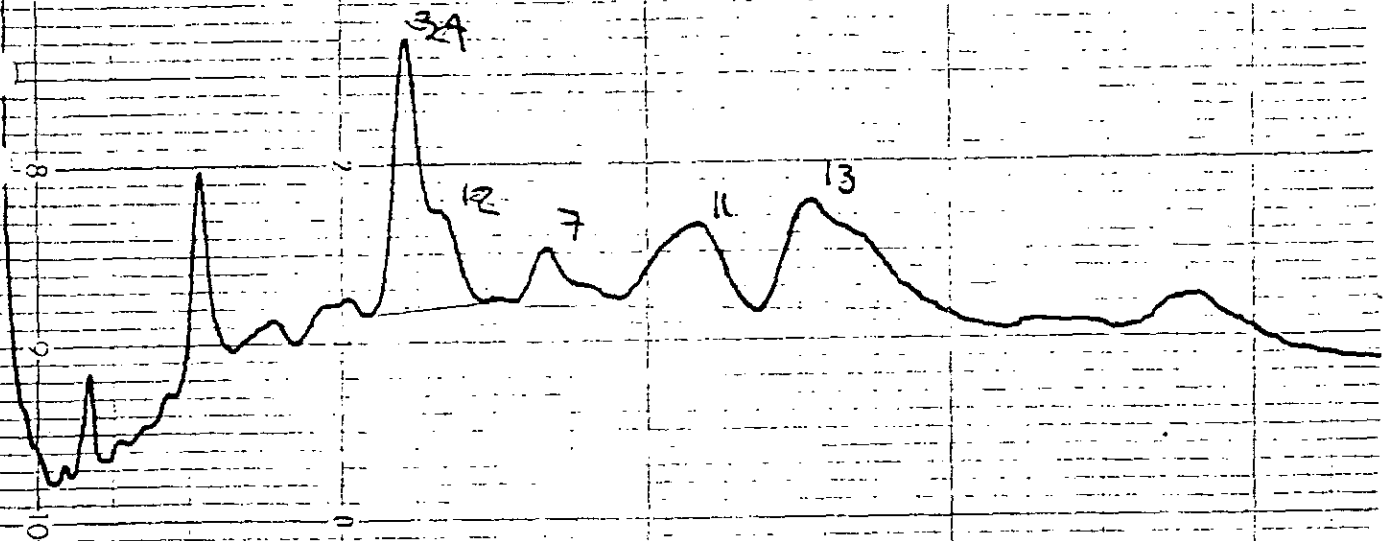
$$DDE = \frac{1000 \times 0.075 \times 34}{10 \times 3 \times 83} = 1.34$$

$$DDO = \frac{1000 \times 0.6554 \times 11}{10 \times 3 \times 80} = 0.711$$

$$DOT = \frac{1000 \times 0.2994 \times 13}{10 \times 3 \times 96.5} = 1.34$$

$$DET = \frac{1000 \times 0.075 \times 12}{10 \times 3 \times 65} = 0.46$$

$$END = \frac{1000 \times 0.15 \times 7}{10 \times 3 \times 89} = 0.39$$



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O