



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

**DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL
AGUA DE LA PRESA ALVARO OBREGÓN
(OVIACHIC)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA BIOTECNÓLOGA

PRESENTA

EMMA PAULINA BÁEZ VALDEZ

CD. OBREGÓN, SONORA

JULIO DE 2006

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Rosa Maria Valdez López: Por todos los esfuerzos que has realizado para que pueda cumplir mis metas, realice mis sueños y deseos, por tu amor, apoyo y comprensión. Y principalmente por respetar cada una de mis decisiones y dejarme ser. ¡GRACIAS MAMA!.....

Manuel de Jesús Báez Guerrero: A ti por todo el amor que me has dado desde el primer momento hasta el día de hoy. TE QUIERO MUCHO PAPI.....

A MIS HERMANAS:

Jamilette y Rosita: por todos los momentos que hemos compartido, por el apoyo, por estar presentes en los momentos mas importantes de mi vida, y sobretodo por hacer mas emocionante mi vida agregándole un poco de vértigo, y situaciones al extremo.....jaja..... LAS ADORO BURRITAS.....

A MI FAMILIA:

A mis tíos y tías por todo el apoyo que no solamente me han brindado a mí, sino a toda mi familia y estar al pendiente de todas nosotras, ¡GRACIAS A TODOS!.....

A MIS ABUELOS:

Mamá Micaela: por estar siempre al pendiente de mi y mis necesidades, por tu amor, y por haberme dado una familia y especialmente a mi mamá. Y sobre todo por haber escogido al mejor hombre para que fuera tú esposo, el padre de tus hijos y abuelo de tus nietos. GRACIAS POR EXISTIR

A MI VIEJO LINDO: por que se que desde donde estés, me sigues cuidando, guiando y ayudándome en esos momentos en los que necesito una señal que me ayude a tomar las mejores decisiones, dándome la sabiduría para salir adelante antes las adversidades. GRACIAS POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE VIVIR A TU LADO...

SIEMPRE ESTARAS EN MI MENTE Y EN MI CORAZON.

A MIS AMIGAS:

Paola: por darme su amistad por tantos años y compartir gran parte de nuestras vidas

Claudia: por haberme dado no solo su amistad sino también haber compartido su familia con migo haciéndome parte de su familia.

Tiky: por tu amistad, por haberme permitido compartir con tigo la mayor parte de mi carrera, apoyarme y aconsejarme en todo momento.

Judith: por ser mi amiga, quererme, tener un bebe hermoso. Y haberme hecho tu comadrita.

A TODAS USTEDES LAS QUIERO MUCHO

AGRADECIMIENTOS

AL ITSON:

Por dirigir mi formación profesional y darme las herramientas necesarias para actuar como tal

A MI ASESOR:

M.C. Raúl Holguín por haberme dado la oportunidad y el apoyo para el desarrollo de este trabajo.

A MI COOASESORA:

M.C. Blanca Lorenia Reyes, por su apoyo brindándome sus conocimientos, consejos y opiniones.

A MIS REVISORES:

Ing. Alba Muños y M.C Roberto García por sus acertadas sugerencias y sabios consejos.

A MI AMIGA YANNIN:

Por haberme dado su amistad, hacer mi estancia en los depas mas divertida y por haber sacado las tesis de la biblioteca para que yo pudiera realizar mi tesis.
GRACIAS, TQM.....

A LA FAMILIA MARQUEZ:

Por haberme dado su hospitalidad en todo momento, darme su cariño y haberme hecho parte de su familia, especialmente a mi “tía” Lili y a mi “Madrina” Alba.

Finalmente a todas y cada unas de las personas que directa e indirectamente me apoyaron y participaron en la realización de este trabajo y que seria inalcanzable este espacio para mencionarlos..... A todos, muchas GRACIAS!!

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
 INTRODUCCIÓN	
 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	 2
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO.....	3
HIPÓTESIS.....	3
 I. MARCO DE INVESTIGACIÓN.....	 4
1.1 Plaguicidas.....	4
1.1.1 Definición.....	4
1.1.2 Historia.....	4
1.1.3 Clasificación.....	6
1.1.3.1 Según organismo que desea controlar.....	6
1.1.3.2 Por su grupo químico.....	7
1.1.3.3 Por su toxicidad.....	7

1.1.3.4 Plaguicidas biológicos.....	8
1.1.3.5 Persistencia.....	8
1.1.4 Principales grupos de plaguicidas.....	9
1.1.4.1 Plaguicidas organoclorados.....	9
1.1.4.2 Plaguicidas organofosforados.....	14
1.1.4.3 Carbamatos.....	14
1.1.4.4 Fungicidas.....	15
1.1.4.4.1 Principales tipos de fungicidas.....	16
1.1.4.5 Herbicidas.....	16
1.1.5 Mecanismo de transporte ambiental.....	16
1.1.6 Efectos del uso de plaguicidas.....	17
1.1.6.1 Efectos a la salud.....	17
1.1.6.2 Efectos en el medio ambiente.....	19
1.2 Aguas Residuales.....	20
1.2.1 Definición.....	20
1.2.2 Tipos de aguas residuales.....	20
1.2.3 Calidad del agua.....	21
1.2.4 Características del agua residual.....	21
1.2.5 Estudios de plaguicidas en aguas residuales.....	21
1.3 Cromatografía.....	22
1.3.1 Definición.....	22
1.3.2 Clasificación.....	23
1.3.3 Cromatografía de gases.....	23
1.3.3.1 Fundamento.....	23
1.3.3.2 Proceso de separación en cromatografía de gases.....	23
1.3.3.3 Componentes de un cromatógrafo de gases.....	24
1.3.3.3.1 Gas portador.....	24
1.3.3.3.2 Sistema de inyección.....	25
1.3.3.3.3 Columna.....	26
1.3.3.3.4 Detector.....	28
1.3.3.3.5 Integrador y registrador.....	28
1.3.3.4 Aplicaciones de la cromatografía de gases.....	29
1.3.4 Cromatograma.....	29

II. MATERIALES Y METODOS.....	30
2.1 Localización de la zona de estudio.....	30
2.2 Limpieza del material de vidrio.....	32
2.3 Muestreo y preparación de la muestra.....	32
2.3.1 Muestreo.....	32
2.3.2 Preparación de la muestra.....	33
2.4 Procedimiento analítico.....	33
2.4.1 Extracción de muestra de agua método EPA 608.....	33
2.4.2 Limpieza y Purificación.....	34
2.4.2.1 Limpieza con gel sílice magnesio (Florisil).....	34
2.5 Procedimiento del análisis cromatográfico.....	35
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Mecanismo de transporte ambiental de los plaguicidas.....	17
2	Efectos toxicológicos de los plaguicidas.....	19
3	Proceso de separación en cromatografía de gases.....	24
4	Inyector para cromatógrafo de gases.....	25
5	Columna capilar.....	27
6	Tipo de columnas capilares.....	27
7	Localización de la presa Álvaro Obregón.....	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Algunos grupos químicos de plaguicidas.....	7
2	Clasificación toxicológica de los plaguicidas según la LD ₅₀	7
3	Clasificación toxicológica según la OMS.....	8
4	Clasificación según su persistencia.....	9
5	Daños a la salud de los plaguicidas organofosforados.....	18
6	Daños a la salud de los plaguicidas organoclorados.....	18
7	Temperatura de la columna VF-5.....	36
8	Temperatura de la columna VF-1701.....	36
9	Temperatura de la columna DB-1.....	37
10	Temperatura de la columna DB-608.....	37

INDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	Página
1	Estándares de plaguicidas empleados para el análisis cualitativo y cuantitativo.....	40
2	Tiempos de retención de plaguicidas inyectados en la columna VF-5	40
3	Tiempos de retención de plaguicidas inyectados en la columna VF-1701.....	41
4	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo del primer mes.....	43
5	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo del segundo mes	44
6	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo del tercer mes	45
7	Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo del cuarto mes.....	46

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo, fue determinar plaguicidas en el agua de la presa Álvaro Obregón, por el método EPA 608 por cromatografía de gases, con el fin de comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 y así establecer el impacto que tiene en las cooperativas pesqueras la descarga de esta agua.

Los puntos de muestreo dentro de la presa Álvaro Obregón fueron: La matanza localizada a $109^{\circ} 54'' 30$ seg. longitud oeste y $27^{\circ} 55'' 30$ seg. latitud norte, El Vertedor localizado a $109^{\circ} 54'' 45$ seg. longitud oeste y $27^{\circ} 49'' 53$ seg. latitud norte, El Capitán ubicado a $109^{\circ} 50'' 49$ seg. longitud oeste y $27^{\circ} 48'' 53$ seg. y Los Carrizos localizado a $109^{\circ} 47'' 20$ seg. longitud oeste y $27^{\circ} 55'' 48$ seg. latitud norte.

Tomándose cuatro muestras por cada uno de estos puntos, teniendo un total de 16 muestras de agua las cuales fueron tomadas en un recipiente de vidrio color ámbar de cuatro litros, con tapón de rosca y transportadas en hieleras ya que algunos plaguicidas son inestables a temperaturas elevadas.

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en un Cromatógrafo de Gases Varian 3800, con el Software Chromatography Workstation versión 6.41, 2005. Con dos tipos de columnas capilares cromatográficas para el cromatógrafo gas-líquidos.

Los primeros dos análisis se realizaron en las columnas DB-1 para compuestos no polares y DB-608 para compuestos con polaridad intermedia y

los dos restantes se analizaron en las columnas VF-5 para compuestos no polares y VF-1701 para compuestos con polaridad intermedia, todas estas con una longitud de 30 m y 0.25 mm de diámetro.

Los análisis realizados dieron como resultado que de las cuatro muestras recolectadas en los diferentes meses, únicamente en las del tercer mes se detectó la presencia de plaguicidas pero en una concentración muy baja la que apenas fué detectada por el cromatógrafo por lo tanto se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido.

Así mismo se concluye que el agua de la presa Álvaro Obregón cumple con la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, por lo que es apta para abastecer a las cooperativas pesqueras, ya que no representa riesgo alguno para los cultivos acuícola, ni a la salud de los consumidores.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad con el incremento de la población, el mundo se ha visto en la necesidad de aumentar la producción de alimentos, para poder abastecer las necesidades nutricionales de la población, por lo que la agricultura que es la mayor fuente de producción de alimentos en las últimas décadas, ha incrementado el uso de plaguicidas para mejorar y aumentar la producción agrícola y de esta forma cubrir las necesidades de la población. Aunado al incremento en el uso de plaguicidas, los problemas ambientales cada vez son más graves y palpables como el deterioro ecológico y con ello daños a la salud humana. Ya que la aplicación de plaguicidas es directa en los cultivos agrícolas, se generan desechos los cuales se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública, debido a que muchos de estos son altamente tóxicos. El agua juega un papel muy importante en este proceso, porque es uno de los medios usados para transportar los plaguicidas al área donde serán aplicados. Al llevarse a cabo la aplicación de estos pueden llegar a contaminar los mantos acuíferos cuando son esparcidos en los campos agrícolas, al generarse filtraciones de agua superficial contaminada, provocando derramamientos accidentales que se filtran a través de grietas.

La aplicación constante y el mal uso y manejo de los plaguicidas en los campos agrícolas ha ocasionado serios daños a las aguas superficiales y subterráneas; resultando un grave problema debido que el agua se considera un elemento

vital para los seres vivos además de ser un elemento indispensable para la vida humana, del agua depende la realización de varias actividades importantes para la economía regional y nacional como lo son la agricultura, ganadería y pesca.

El municipio de Cajeme cuenta con una presa que lleva por nombre General Álvaro Obregón mejor conocida como "Oviáchic" la cual forma parte de la cuenca del Río Yaqui, es la presa más grande del Estado de Sonora y la tercera en ubicación dentro de dicha cuenca. Además de su gran importancia debido que se encarga de suministrar el agua a la comunidad de Cájeme, y ser fundamental en la realización de varias actividades importantes como lo es la pesca de tilapia, lobina y bagre, siendo esta actividad importante para la economía de la región ya que dependen tres comunidades ribereñas; los ejidos Buenavista, Cumuripa y Viva Zapata. Siendo la cooperativa de Buenavista la más importante de estas.

Es por esto que se ha considerado muy importante realizar una serie de estudios para detectar si existe la presencia de plaguicidas en las aguas de la Presa Álvaro Obregón, y comparar los resultados que arroje este estudio con los parámetros establecidos por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 y asegurarse de que se encuentre dentro de los límites permisibles.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Existirá la presencia de plaguicidas en el agua de la presa Álvaro Obregón, de tal forma que provoque daños a los cultivos de tilapia, lobina y bagre que se realiza en las cooperativas de Buenavista, Cumuripa y Viva Zapata?

JUSTIFICACIÓN

Debido a que del agua de la presa Álvaro Obregón dependen las comunidades pesqueras como: Buenavista, Cumuripa y Viva Zapata, es necesario realizar análisis que nos permita determinar si hay presencia de plaguicidas en la presa, que lleguen afectar los cultivos pesqueros, genere pérdidas económicas y provoque problemas a los consumidores. De tal forma que se pueda emitir un diagnóstico que permita asegurar buenas prácticas de cultivo acuícola, afianzando las inversiones que se realicen en estas cooperativas.

OBJETIVO

Determinar plaguicidas en el agua de la presa Álvaro Obregón, por el método EPA 608 por cromatografía de gases, con el fin de comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 y así establecer el impacto que tiene en las cooperativas pesqueras la descarga de esta agua.

HIPÓTESIS

Si llegase a existir la presencia de plaguicidas en el agua de la presa Álvaro Obregón, mayor a los límites permisibles establecidos por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 las cooperativas pesqueras dependientes de el agua del la presa verán afectados sus cultivos de tilapia, lobina y bagre sufriendo pérdidas económicas importantes ya que no será apta esta producción para salir al mercado por los posibles daños a la salud humana.

II. MARCO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Plaguicidas.

1.3.1 Definición.

Según Cortinas de Nava y col. (1996) denomina plaguicidas a cualquier sustancia o mezclas de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen daño o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo, las que causan deterioro durante el almacenamiento o transporte de los alimentos u otros bienes materiales, así como las que interfieran con el bienestar del hombre y de los animales. Se incluyen a esta definición las sustancias defoliantes y las desecantes.

1.1.2 Historia.

Desde los inicios de la civilización el hombre ha luchado continuamente para mejorar sus condiciones de vida. En su afán por producir las provisiones necesarias de alimentos, ha combatido los daños ocasionados por plagas de insectos y por las enfermedades de las cosechas. (Cremllyn, 1982)

Antes de 1000 a.c., el azufre se conocía como preventivo de diferentes enfermedades y se empleaba para combatir los insectos, su uso como fumigante fue mencionado por Homero. Plinio (79 d. de. C.) recomendaba el arsénico como insecticida y, en el siglo XVI, los chinos ya aplicaban cantidades moderadas de

compuestos de arsénico con este fin. En el siglo XVII apareció el primer insecticida natural; la nicotina, obtenida de los extractos de hoja de tabaco, que se usaba para controlar el picudo del ciruelo y la “chinche” de encaje”. Hamberg propuso el cloruro de mercurio como preservativo para la madera (1705) y, cien años después, Prévost descubrió la inhibición de las esporas de añublo por el sulfato de cobre. (Cremllyn, 1982)

No fue sino hasta mediados del siglo XIX, que comenzaron a aplicarse sistemáticamente los métodos científicos en el control de plaguicidas agrícolas. (Cremllyn, 1982)

En 1939 el Dr. Paul Müller descubrió las extraordinarias propiedades insecticidas del *diclorodifeniltricloretano* o DDT y, luego del éxito inicial de las pruebas de campo realizadas en Suiza contra la catarinita del Colorado, se empezó a comercializarlo (1943). El DDT pronto se convirtió en el insecticida más ampliamente utilizado en el mundo. Los temores actuales acerca de los efectos nocivos a largo plazo del DDT y de otros insecticidas organoclorados en la exosfera, no se comparan con los grandes beneficios que trajo el insecticida. Su uso, sin duda fue una gran ayuda para el triunfo de las potencias occidentales en la Segunda Guerra Mundial, ya que permitió que se llevaran a cabo las operaciones militares en los trópicos, en donde, si no hubiera sido por éste, el peligro de epidemias habría sido demasiado grande. Después del éxito del DDT, varios insecticidas análogos muy útiles, como el metoxicloro, fueron descubiertos y se encontró que un buen número de compuestos organoclorados de diferentes tipos eran excelentes insecticidas de contacto (Cremllyn, 1982).

El Hexanocloruro de benceno (o más correctamente hexaclorociclohexano-9 fue preparado por primera vez por el químico inglés Michel Faraday, en 1925, aún que sus propiedades insecticidas no fueron reconocidos sino hasta 1942. Desde 1945, aproximadamente, se introdujeron varios hidrocarburos clorados derivados del ciclodieno, con propiedades insecticidas, pero su uso no se popularizó sino hasta mediados de los años cincuenta. Algunos ejemplos son el aldrin, dieldrin, heptacloro y endrìn (Cremllyn, 1982).

La Segunda Guerra Mundial no sólo estimuló el desarrollo y la producción comercial de antibióticos, sino que también fue el motivo de las investigaciones de Schrader sobre los compuestos organofosforados, varios de los cuales resultaron ser insecticidas sistemáticos de gran eficacia, pero fue hasta fines de la década de los sesenta que aparecieron en el mercado los fungicidas sistémicos realmente eficaces (Cremllyn, 1982).

1.1.3 Clasificación.

1.1.3.1 Según el organismo que desean controlar.

Esta clasificación depende del ingrediente activo como lo son: los insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, nematicidas, antibióticos, molusquicidas o avicidas.

Insecticidas. Tóxicos para insectos

Acaricidas. Tóxicos para ácaros

Nematicidas. Tóxicos para nemátodos

Fungicidas. Tóxicos para hongos

Antibióticos. Inhiben crecimiento de microorganismos

Herbicidas. Atacan las malas hierbas

Molusquicidas. Eliminan los moluscos

Rodenticidas. Causan la muerte a ratones y otros roedores

Avicidas. Causan la muerte a aves

Atrayentes o repelentes de insectos (Farrera P., 2004)

1.1.3.2 Clasificación de acuerdo a su grupo químico

Esta clasificación es determinada de acuerdo al ingrediente activo es decir al grupo químico con que se formula el plaguicida

Cuadro 1. Algunos grupos químicos de plaguicidas

Organoclorados	Organofosforados
Carbamatos	Piretroides
Organomercuriales	Organoarsenicales
Ditiocarbamatos	Derivados fenoxi
Quinonas	Ftalimidas
Triazinas	Bencimedazoles
Anilidas	Tiocarbamatos
Inorgánicos	Cumarinas

Fuente: Albert Lilia A., 1997

1.1.3.3 Toxicidad

Los plaguicidas se pueden clasificar de acuerdo a su peligrosidad la cual esta determinada según la organización mundial de la salud (OMS), conforme a la dosis letal media (DL₅₀) vía oral o dèrmica, tomándose en cuenta el tipo de formulación, vía de exposición y su efecto a corto, mediano y largo plazo.

Cuadro 2. Clasificación toxicologica de los plaguicidas según la LD 50

Categoría	LD 50 Aguda (ratas) mg/kg.				Color
	Oral		Termal		
Tóxico	Sólido	Líquido	sólido	Líquido	Etiqueta
1 extremadamente	< 5	>20	>10	>40	ROJA
2 Altamente	< 5	>20	>10	>40	AMARILLA
3 Moderadamente	>50	>200	>100	>400	AZUL
4 Ligeramente	>500	>2000	>1000	>4000	VERDE

Fuente: Tello, 2005

Cuadro 3. Clasificación toxicológica de los plaguicidas según la OMS

Clasificación de OMS	Clasificación de peligro	Color de la etiqueta	Símbolo de peligro
Sumamente peligros	MUY TÓXICO	ROJO	CALABERA
Muy peligroso	MUY TÓXICO	ROJO	CALABERA
Moderadamente peligroso	NOCIVO	AMARILLA	CRUZ
Poco Peligroso	CUIDADO	AZUL	-
Normalmente no ofrece peligro	PRECAUCIÓN	VERDE	-

Fuente: Tello, 2005

1.1.3.4 Plaguicidas biológicos

En los últimos años se han lanzado al mercado productos que actúan como plaguicidas, aún cuando su naturaleza es esencialmente biológica, como el caso del *Bacillus thuringiensis* (Bt), y algunos báculovirus que ayudan a combatir plagas de lepidóptera. Causando la destrucción de larvas y/o adultos. (Farrera P. 2004)

1.1.3.5 Persistencia

Se clasifica a los plaguicidas de acuerdo a su persistencia, según la capacidad que tiene para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido y el tiempo que tarda en degradarse en el medio ambiente ya que aumenta la probabilidad de interactuar con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. La persistencia se ve influida por condiciones específicas como tipo de suelo, clima, contenido de materia orgánica, tipo de microorganismos y lugar donde se aplica el plaguicida (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación según su persistencia

PERSISTENCIA	TIEMPO
Ligeramente persistente	Menor de 4 semanas
Poco persistente	De 4 a 26 semanas
Moderadamente persistente	De 27 a 52 semanas
Altamente persistente	De 1 a 20 años
Permanentes	Mayor de 20 años

Fuente: Catálogo Oficial de Plaguicidas, (CICOPLAFEST, 1998)

1.1.4 Principales grupos de plaguicidas

1.1.4.1 Plaguicidas Organoclorados

Los compuestos organoclorados contienen cloro, carbono, e hidrógeno y algunos otros oxígeno y azufre, en general son plaguicidas muy insolubles en disolventes polares, solubles en compuestos orgánicos de baja polaridad, muy estables, química y bioquímicamente, por lo tanto, con un tiempo de vida media superior a los diez años. En muchos casos sus productos de degradación parcial son más estables que el compuesto original.

Los organoclorados se almacenan en tejidos grasos, la mayor parte de estos plaguicidas se emplean como insecticidas; son características comunes de todos ellos una elevada toxicidad crónica, la tendencia a acumularse en los tejidos orgánicos, particularmente aquellos ricos en grasas, su elevada persistencia en el suelo y los alimentos y su capacidad para la biomagnificación en las redes tróficas (Morgan, 1989).

Los plaguicidas organoclorados interfieren con la transmisión axónica de los impulsos nerviosos, por lo que alteran principalmente, la función del sistema nervioso a nivel cerebral. Producen cambios de comportamiento, disturbios sensoriales y del equilibrio, actividad involuntaria muscular y de depresión de centros vitales, particularmente del centro respiratorio (López C. 1993).

Algunos efectos secundarios por exposición a estos plaguicidas son: problemas hepáticos, pulmonares y dermales; probable disminución de vitaminas liposolubles A, D, E y K; disminución de corticoesteroides adrenales; menores niveles de hormonas tiroideas y de andrógenos y estrógenos, lo cual repercute en menor sexualidad y capacidad reproductiva. En mujeres puede presentarse irregularidades menstruales; en el hombre, disminución en la producción de espermatozoides e incluso esterilidad temporal o definitiva (Restrepo, 1992).

Son posibles carcinógenos. Por lo que se refiere a la toxicidad, la DL⁵⁰ oral aguda es bastante poco tóxica. El lindano sí que tiene evidencias de ser carcinogénico. Además producen efectos de naturaleza citotóxica como mutagénesis, endocrinológico, e inmunológico (López C. 1993).

Los insecticidas organoclorados se descomponen muy lentamente en el suelo lo cual aumenta las posibilidades de que entren en la cadena suelo-planta-animal-hombre.

Debido a su persistencia cuando estos insecticidas se aplican, pueden llegar prácticamente a todos los sustratos ambientales pues son acarreados por el viento, caen con las gotas de lluvia y son transportados por los ríos.

Por otra parte, el uso indiscriminado de estos insecticidas pueden matar “a ciegas” a muchos organismos y alterar los niveles tróficos completos (Botello y Col., 1996).

Los principales componentes de este grupo son: DDT, HCH, lindano, heptacloro, metoxicloro, aldrín, dieldrín, endrín.

- DDT: conocido como diclorodifeniltricloroetano o por su nombre químico: 1,1,1-tricloro-2,2 di-(p-clo-rofenil)etano con fórmula $C_{14}H_9Cl_5$, su masa molecular es de 354.49 g/mol, su punto de fusión es de 108.5 °C, teniendo un punto de ebullición de 260 °C y es un sólido blanco cristalino, sin olor o sabor y altamente hidrofóbico tiene buena solubilidad con la mayoría de los solventes orgánicos, de las grasas y los aceites.

El DDT es fabricado por la condensación del cloral y el clorobenceno en presencia de un exceso de ácido sulfúrico concentrado (Cremllyn, 1982).

Su modo de acción es por contacto, se disuelve en la grasa de la quitina del esqueleto externo de los insectos y al ponerse en contacto con los centros nerviosos produce parálisis. Provocando signos de intoxicación en grandes cantidades, Su toxicidad crónica radica en su liposolubilidad que condiciona una retención en el organismo; es, pues un tóxico acumulativo (Salmeron, 1997).

- HCH: El hexaclorociclohexano (HCH), con fórmula $C_6H_6Cl_6$, es un compuesto apolar, lipofílico, sustancia química manufacturada que existe en ocho formas llamada isómeros. Es un sólido blanco que puede evaporarse al aire en forma de vapor incoloro con un leve olor a moho. Además se biodegrada lentamente y es muy estable en condiciones ambientales normales, es degradado casi exclusivamente mediante bacterias anaerobias.

Se asimila ingiriéndolo, respirándolo o tocándolo y sus efectos tóxicos dependen de la cantidad de isómeros que lo formen y principalmente de la cantidad de isómero gamma que contenga, si se toma en grandes cantidades provoca dolores de cabeza, cansancio, debilidad, malestar, insomnio, diarreas, vómito y fiebre, e incluso la muerte, si se tomara en muy grandes cantidades.

A pequeñas dosis, pero en exposiciones largas (toxicidad crónica) causa problemas hepáticos, renales, hormonales, ginecológicos, sanguíneos (anemias) y del sistema nervioso (Echarri, 1998).

- LINDANO: Isómero gamma (γ)-hexaclorociclohexano $C_6H_6Cl_6$, con una masa molecular de 290.8, se presenta en forma de polvo cristalino blanco, sin olor, su punto de ebullición es igual a $323^\circ C$ y su punto de ebullición es de $113^\circ C$, altamente hidrofóbico.

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión, generando diferentes efectos como irritación en los ojos y en el tracto respiratorio, daños en el sistema nervioso central, dando lugar a convulsiones, fallo respiratorio y colapso, el contacto prolongado o repentino con la piel puede producir dermatitis, afectar al hígado y riñón (IPCS, 2003).

- ALDRÌN: Su fórmula química es Hexahidro-1,4,5,8-endo-hexodimetanonaftaleno ($C_{12}H_8Cl_6$), su estado físico es en forma de cristales incoloros, con una masa molecular de 364.9, presenta un punto de ebullición a 145 °C y su puntos de fusión depende del estado en el que se encuentre, en estado puro es de 104 °C y en estado técnico 40 a 60 °C.

Sus vías de exposición son a través de la piel y por ingestión provocando efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a convulsiones, acumulaciones en el organismo presentándose en el tejido placentario y en la sangre (IPCS, 2003).

- DIELDRIN: Es un oxigenado del aldrín. Su nombre genérico es dieldrina, 1,2,3,4,10,10-Hexachloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4-, endo, exo-51,2,3,4,10,10-hexa-8-dimetanonaftaleno ($C_{12}H_8Cl_6O$) masa molecular de 381 g/mol, se presenta en forma de cristales incoloros, es insoluble en agua, su punto de fusión es de 175-176 °C.

La sustancia se puede absorberse a través de la piel y por ingestión causando efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a convulsiones y puede acumularse en la placenta humana (IPCS, 2003).

- ENDRIN: Sustancia química en forma de cristal incoloro, su fórmula es $C_{12}H_8OCl_6$, altamente hidrofóbico, su peso molecular es de 380.9 g/mol, presenta un punto de ebullición de 245 °C y un punto de fusión de 200°C.

La exposición a la endrina puede producir una variedad de efectos nocivos incluyendo graves lesiones al sistema nervioso central y la muerte. Tragar cantidades muy grandes de endrina puede causar convulsiones y la muerte en unos pocos minutos u horas. La exposición a dosis altas puede causar dolores de cabeza, mareo, nerviosidad, confusión, náusea, vómitos y convulsiones (ATSDR, 1996).

- HEPTACLORO: Su fórmula química 1,4,5,6,7,8,8-Heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindeno ($C_{10}H_5Cl_7$) con una masa molecular de 373.3, es un compuesto altamente hidrofóbico, se presenta en forma de cristales blancos o sólido ceroso, de olor característico, se descompone por debajo del punto de ebullición a 160°C, presenta dos punto de fusión es de 95-96°C en estado puro y 46-74°C para el producto técnico.

La sustancia se puede absorber por inhalación del polvo a partir de concentrados, a través de la piel y por ingestión, a una exposición de corta duración provoca daños al sistema nervioso y en una exposición larga puede afectar al hígado, además de ser un posiblemente carcinógena para los seres humanos (IPCS, 2003).

- METOXICLORO: Es una sustancia química manufacturada que no ocurre naturalmente en el ambiente, su fórmula es $C_{16}H_{15}Cl_3O_2$ con una masa molecular de 345.7 g/mol. El metoxicloro puro es un polvo amarillo pálido con leve olor rancio a frutas, es un compuesto apolar, presenta un punto de fusión de 89 °C.

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión, afectando al hígado, riñón, sistema nervioso central, cuando se

1.1.4.2 Plaguicidas Organofosforados

Los organofosforados envenenan a insectos y mamíferos principalmente por la fosforilación de la enzima acetilcolinesterasa (ACE), la cual verifica la hidrólisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas, hasta colina. En la ausencia de acetilcolinesterasa efectiva, la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico en las uniones nerviosas. Esto ocasiona la pérdida de coordinación muscular, convulsiones, y finalmente la muerte (Cremilyn, 1982).

Los organofosforados se absorben con facilidad por inhalación, ingestión y penetración dérmica (Morgan, 1989).

Los insecticidas organofosforados son usados ampliamente como insecticidas, nematicidas y defoliantes, algunos ejemplos: diazinón, monocrotofos, malatión, paratión y metilparatión. Los organofosforados varían tanto en propiedades químicas como biológicas. Su toxicidad aguda para insectos y mamíferos puede ser desde baja hasta elevada (Botello y Col., 1996).

1.1.4.3 Carbamatos

Los insecticidas carbámicos son ésteres-N metilados y N,N dimetilados del ácido carbámico. Son insecticidas de amplio espectro y, dependiendo de los sustituyentes en la molécula puede ser: insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematicidas o molusquicidas sobre todo, como insecticidas de amplio espectro se encuentran: servín, baygon, carbarilo, carbofurán, aldicarb y metiocarb (Botello y Col., 1996).

Los carbamatos se metabolizan por medio de dos mecanismos básicos; (ambos aplican una descomposición del enlace éter carbamato) un ataque esterasa directo, o por la oxidación inicial por oxidasas de función mixta (MFO) seguida de un rompimiento hidrolítico de un intermediario inestable (Cremllyn, 1982).

1.1.4.4 Fungicidas

Conocidos también como agentes anticriptogámicos. El primero que se usaba era el azufre (desde los romanos), que hace SO_2 y lo mata todo. Reaparecieron en el 1882 (grandes imperios y llevan muchas plantas con hongos y vuelven a usarlos).

Los fungicidas son sustancias o agentes que matan o evitan el desarrollo de los hongos. En este momento, los fungicidas siguen en importancia a los insecticidas y herbicidas por las cantidades que se aplican hoy en todo el mundo, sin embargo, en los países tropicales tienden a igualar en ventas a los insecticidas.

Los fungicidas pueden clasificarse, según su uso, de la forma siguiente: protectores de semilla, protectores de follaje y de los brotes, protectores de frutas y protectores de frutos recolectados (Yùfera, 1977).

De acuerdo con su estructura química los fungicidas pertenecen a una extensa variedad de grupos químicos. Los más importantes son: ditiocarbamatos, derivados fenólicos, derivados ftalimidicos, sulfonamidas, bencimidazoles, tiofanatos, oxatinas y pirimidinas (Albert A. Lilia, 1990).

En la mayoría de los fungicidas comerciales que se usan en la actualidad pertenecen a la clase conocida como fungicidas protectores o de superficie. Por lo general se aplican al follaje de la planta en forma de polvo o de rociados. La mayoría de los hongos patógenos penetran la cutícula y se ramifican a través de los tejidos de la planta (Cremllyn, 1982).

1.1.4.4.1 Principales tipos de fungicidas

- Fungicidas inorgánicos → S y polisulfuros compuestos a base de cobre y mercurio.
- Derivados organomercurícos → diferentes derivados.
- Derivados del agente ditiocarbónico → mareb, zineb, thiram, siram, ferba,. Propineb.
- Derivados de heterociclos → gliodin, benomil, wepsin, captan, faltan y difolatan (captafol).
- Derivados de quinonas → cloranila, diclon.
- Fungicidas arsénicos diversos → pentaclorofenol (PCP), hexaclorobenzeno (HCB), pentacloronio trobenzeno (González S., 2002).

1.1.4.5 Herbicidas

Muchos herbicidas modernos matan maleza de forma selectiva al impedir procesos metabólicos que son específicos de la vida vegetal. Por esta razón las toxicidades sistemáticas para los mamíferos generalmente son bajas.

Un buen número de formulaciones premezcladas contienen dos o más ingredientes activos. Los plaguicidas adicionales pueden ser más tóxicos que el herbicida principal (Morgan 1989).

La utilización del 2,4,D es una gran desventaja por que es una sustancia sumamente venenosa para los mamíferos.

1.1.5 Mecanismo de transporte ambiental de los plaguicidas

Es la forma en que se mueven los plaguicidas en el medio ambiente, desde la fuente emisora del plaguicida hasta los puntos donde existe exposición para el ser humano o biota.

El transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas dentro de un medio determinado y a través de las interfaces entre el aire, el agua, sedimento, suelo, plantas y animales.

FIGURA 1. Mecanismo de transporte ambiental de los plaguicidas



Fuente: CICLOPLAFEST, 1994.

1.1.6 Efecto del uso de Plaguicidas

1.1.6.1 Efectos a la Salud

Muchos de los plaguicidas producen intoxicaciones, a veces mortales en el ser humano. Como existen diferentes clases, algunos producen efectos a largo plazo, pueden llegar a causar enfermedades serias y hasta cáncer. Solo para mencionar uno de los que causa mayores problemas en la salud es el llamado PARAQUAT conocido como gramoxone, es un plaguicida de alta toxicidad que puede causar intoxicaciones severas y en muchos casos mortales, y la persona puede intoxicarse con solo respirarlo o al tener contacto con la piel. La ingestión es mortal. El paraquat puede causar serios daños en los pulmones, riñones, cerebro, hígado e incluso uno de los problemas más serios es que puede liberarse y penetrar hacia las plantas y aguas contaminando también los suelos.

Existen dos tipos de toxicidad, aguda y crónica, una toxicidad aguda es cuando el efecto es de inmediato, por ejemplo una persona está aplicando el plaguicida por primera vez y se descompone, este es un efecto de inmediato. La intoxicación crónica se refiere cuando un trabajador ha estado expuesto en forma repetida a los plaguicidas por algún tiempo, puede aparecer con síntomas importantes o malestares que son ocasionados por una intoxicación crónica (BINASSS 2001).

Cuadro 5. Daños a la salud de los plaguicidas organofosforados

	Efectos en la salud
Plaguicidas Organofosforados	Agudos
	Intoxicación aguda:
	inhibición en receptores de acetilcolinerasa (acumulación de acetil colina)
	Supresión neurotransmisores a los órganos: debilidad, fatiga, calambres, fasciculaciones, y debilidad musculares respiratorias.
	Signos y síntomas como saliveo, lagrimeo, dilatación pupilar, taquicardia, hiporreflexia, letargo, hipertonia, convulsiones, distress respiratorias y muerte.
	Crónicos
	Malformaciones congénitas, en hijos de madres expuestas: cáncer, defectos del tubo neural y otros efectos reproductivos.
	Otros efectos relacionados a exposición ocupacional :
	Cáncer de cerebro en niños, leucemias, linfomas, cáncer testicular, y otros canceres.
	Cáncer de próstata y mamas

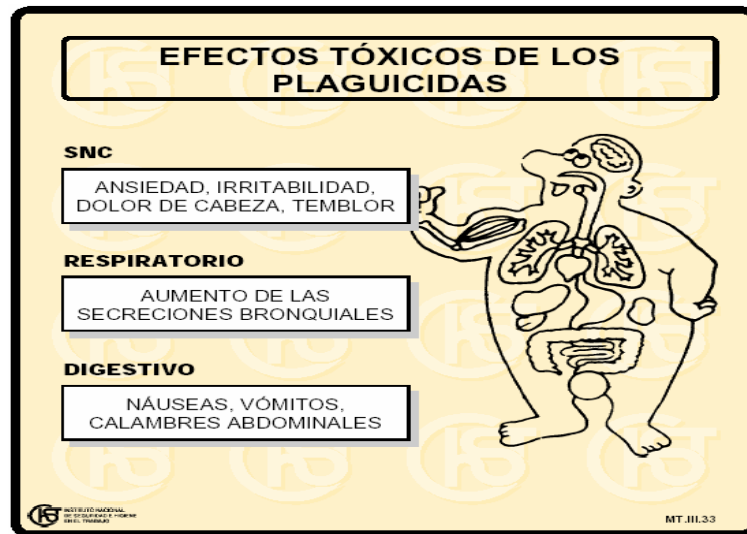
(CICLOPLAFEST, 1994)

Cuadro 6. Daños a la salud de los plaguicidas organoclorados

Plaguicida	Efectos en la salud
Organoclorados	Agudos
	La exposición a dosis elevadas puede asociarse con : anomalías en la función hepática, la piel y el sistema nervioso (hipotonía o hiporreflexia neonatal)
	Crónicos
	Actividad estrogénica (o,p'-DDT Kepone, Endosulfan, Clordano y Dieldrin)
	Actividad androgénica potente(DDE), Hipospadias Criptorquidia
	Otros problemas de alteraciones hormonales: Pubertad precoz en mujeres Aumento de la incidencia de endometriosis, a edades muy tempranas.

(CICLOPLAFEST, 1994)

Figura 2. Efectos toxicológicos de los plaguicidas



Fuente: Fernández Leodegario, 1987

1.1.6.2 Efectos en el medio ambiente

La contaminación del ambiente por plaguicidas se da por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, derrames accidentales, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública (Hernández, et al., 1997).

El grado de lixiviación (el movimiento de las sustancias a través de las fases del suelo) depende de la solubilidad del compuesto en agua, de su naturaleza química y del valor del pH del suelo. La lixiviación será favorecida por una capacidad de adsorción (la adherencia del compuesto a la superficie de las partículas del suelo) de la muestra del suelo (esto varía principalmente por el porcentaje de arcillas, arenas y limos presentes en el), por altas temperaturas y por la precipitación pluvial (Lara, 2004).

De los posibles efectos en el ambiente es la contaminación del agua subterránea por los plaguicidas es un tema muy importante porque cerca del 50 por ciento de la población americana usa el agua subterránea para beber. Este problema concierne principalmente a la gente que vive en áreas dedicadas a la agricultura en donde el uso de plaguicidas es común, ya que cerca del 95 por ciento de esa población usa el agua subterránea para beber. Los plaguicidas pueden llegar a contaminar los acuíferos debajo de la tierra cuando son esparcidos en los campos de las cosechas de verduras y si existen filtraciones de agua superficial contaminada, pueden ocurrir derramamientos accidentales que se filtran a través de grietas. Otro problema lo representa el manejo inadecuado de los desechos (Perlman 2004).

1.2 Aguas Residuales

1.2.1 Definición

Las aguas residuales pueden definirse como una combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan agregarse a las anteriores (Metclaf y Eddy 1985).

1.2.2 Tipos de Aguas Residuales

- Aguas residuales domesticas: Es el agua residual procedente de residencias, instalaciones comerciales, públicas y similares
- Aguas residuales industriales: Aguas residuales en la cual predominan residuos industriales
- Aguas residuales agrícolas: Agua residual en la cual predominan residuos agrícolas

1.2.3 Calidad del Agua

La calidad del agua es el factor fundamental para el crecimiento y el bienestar de la biota acuática, incluyendo al hombre, quien al usarla la modifica y provoca el consecuente impacto ambiental, por lo que es necesario efectuar una constante evaluación para determinar el comportamiento físico-químico-biológico del agua, en base al cual es factible normar criterios para su uso y conservación.

1.2.4 Características del agua residual

El contenido del agua residual depende principalmente de la descomposición de agua abastecida, el uso del agua y el método de recolección. La concentración de los diferentes constituyentes depende de la calidad de agua usada por persona (Shuval, 1986). El agua residual se caracteriza en términos de su descomposición química, física y biológica (Middlenton, 1977).

1.2.5 Estudios de plaguicidas en aguas residuales

Leyva y col. En 1989 realizaron un estudio en el sistema estuario “La Atanasia Sto. Domingo” del Valle del Yaqui, en el cual encontraron plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de agua y sedimento en cantidades por encima de los límites establecidos. Debido a que las arcillas, limos y detritos vegetales adsorben las partículas insolubles de plaguicidas, mismos que son acarreados por las aguas de drenaje hasta zonas estuarinas.

En las muestras de agua se encontró que el aldrin sobrepasó una vez el límite establecido por la US-EPA; DDT dos veces; dieldrin dos veces; endrin una vez y lindano cuatro veces. La relación de la concentración de plaguicidas en el agua con respecto a la concentración en sedimento (en base húmeda); fue determinada obteniendo los siguientes valores, para lindano de 1200, p,p'-DDE 400, delta-HBC 700, Heptacloro 6,900, paratión metílico 8,600, aldrin 5,900, dieldrin 4,200, DDT

14,300; epòxido de heptacloro 400 y eldrín 6,200. Estos resultados indican que en el sedimento es mucho mayor la concentración de estos compuestos, ya que son persistentes y bioacumulables.

Los resultados anteriores mostraron que la fuente principal de contaminación por plaguicidas en el agua y sedimento del estuario analizado, fue debida al uso de estos compuestos en la agricultura.

Wegman en 1982, realizó estudios para la determinación de plaguicidas en aguas y sedimento en el lago Ketelmeer en Holanda y encontró una relación para el lindano entre su concentración en agua y sedimento de 1200, similar al que se encontró en el estudio antes mencionado.

En 1996 en el Instituto Tecnológico de Sonora se realizó un estudio sobre plaguicidas de pozo, canal y drenes en diferentes comunidades del Valle del Yaqui, detectando plaguicidas como lindano, pp-DDD, pp-DDT, malatión y paratión metilico (García Calleja, 1998).

1.3 Cromatografía

1.3.1 Definición

La cromatografía puede definirse como una técnica que separa una mezcla de solutos basada en la velocidad de desplazamiento diferencial de los mismos que se establece al ser arrastrados por una fase móvil (líquida o gaseosa) a través de un lecho cromatográfico que contiene la fase estacionaria, la cual puede ser líquida o sólida. Las propiedades de los componentes de una mezcla determinan su movilidad entre sí y con respecto a la fase móvil. La base de la separación cromatográfica será, por tanto, la diferencia en la migración de los mismos (Tovar Franco, 2004).

1.3.2 Clasificación

Existen muchas maneras de clasificar los métodos cromatográficos, según su fase móvil se clasifica en cromatografía de gases que puede ser a través de dos sistemas, gas- líquido y gas-sólido y cromatografía líquida donde el eluyente es un líquido y puede ser líquido-líquido, líquido-sólido. Por el mecanismo de retención-separación, es decir el tipo de equilibrio implicado en la transferencia de los solutos entre las fases se encuentra la cromatografía de reparto, de adsorción y de exclusión. Según la forma de contacto entre las fases se denomina de columna o superficie plana. También se puede clasificar teniendo en cuenta la fase estacionaria, la dimensionalidad, escala física y gradientes (Tovar Franco, 2004).

1.3.3 Cromatografía de gases

1.3.3.1 Fundamento

En cromatografía de gases se hace pasar el analito en forma gaseosa o través de la columna, arrastrando por una fase móvil gaseosa, llamada gas portador. En la cromatografía gas-líquido de reparto, la fase estacionaria es un líquido que recubre la pared interior de una columna o un soporte sólido. En cromatografía de gas-sólido de adsorción, el analito se adsorbe sobre las partículas sólidas de la fase estacionaria (Harris, 2001).

1.3.3.2 Proceso de separación en cromatografía de gases

La muestra de un líquido volátil o de un gas se inyecta, a través de un septo (un disco de goma), en un portador caliente, en el que se evapora rápidamente. El vapor es arrastrado a través de la columna por el gas portador, que puede ser He, N₂ o H₂, y los analitos después de separados llegan al detector, cuya respuesta aparece en la pantalla de un ordenador o en un registrador (Harris, 2001).

La columna debe estar suficientemente caliente a fin de que los analitos alcancen una presión de vapor suficiente para que se eluyan en un tiempo razonable. El

detector se mantiene a una temperatura más alta que la columna, de forma que los analitos se encuentran en forma gaseosa.

Figura 3. Proceso de separación en cromatografía de gases

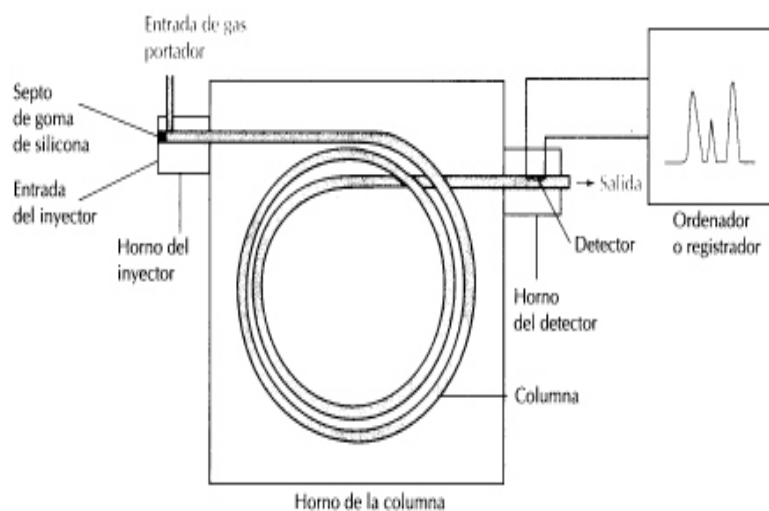


Figura 24.1 ■ Diagrama esquemático de un cromatógrafo de gases.

Fuente: Harris, 2001

1.3.3.3 Componentes de un cromatógrafo de gases

1.3.3.3.1 Gas portador

El gas portador es la fase gaseosa móvil que conduce a la muestra a través de la columna. Debe ser un gas inerte, para prevenir su reacción con el analito o la columna. Generalmente se emplean gases como el helio, argón, nitrógeno, hidrógeno o dióxido de carbono, y la elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado. El almacenaje del gas puede ser en balas normales o empleando un generador, especialmente en el caso del nitrógeno y del hidrógeno (Skoog y Leary, 1994).

Las impurezas que pueden existir en el gas portador degradan la fase estacionaria. Se deben usar gases de una gran calidad, y aun éstos deben pasar

a través de purificadores para eliminar el oxígeno, el agua o trazas de compuestos orgánicos, antes de entrar en la columna (Harris, 2001).

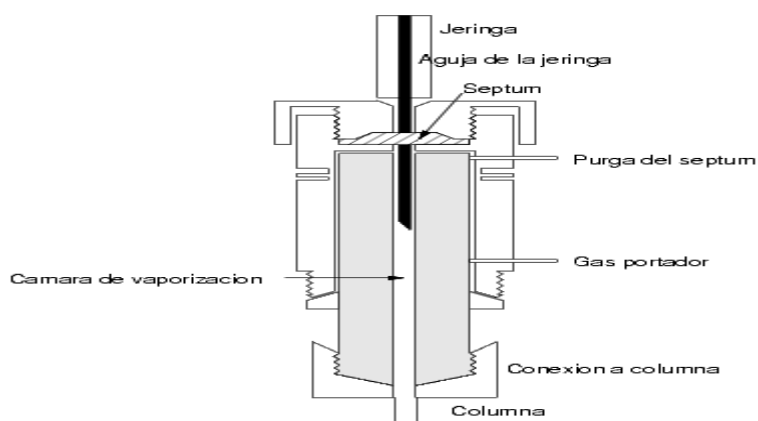
1.3.3.2 Sistema de inyección

La inyección de muestra es un apartado crítico, ya que se debe inyectar una cantidad adecuada, y debe introducirse de tal forma (como un "tapón de vapor") que sea rápida para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida; este efecto se da con cantidades elevadas de analito (Skoog y Leary, 1994).

El método más utilizado emplea una microjeringa (de capacidades de varios microlitros) para introducir el analito en una cámara de vaporización instantánea. Esta cámara está a 50°C por encima del punto de ebullición del componente menos volátil, y está sellada por una junta de goma de silicona septa o septum (Skoog y Leary, 1994).

Si la columna empleada es ordinaria, el volumen a inyectar será de unos 20 μL , y en el caso de las columnas capilares dicha cantidad es menor, de 10^{-3} μL . Para obtener estas cantidades, se utiliza un divisor de flujo a la entrada de la columna que desecha parte del analito introducido (Skoog y Leary, 1994).

Figura 4. Inyector para cromatógrafo de gases



Fuente: Winkipedia, 2001

1.3.3.3 Columna

En GC se emplean dos tipos de columnas: las empaquetadas o de relleno y las tubulares abiertas o capilares. Estas últimas son más comunes en la actualidad debido a su mayor rapidez y eficiencia. La longitud de estas columnas es variable, de 2 a 50 metros, y un diámetro interior de 0.1 a 0.53 mm y están construidas en acero inoxidable, vidrio, sílice fundida o teflón. Debido a su longitud y a la necesidad de ser introducidas en un horno, las columnas suelen enrollarse en una forma helicoidal con diámetros de 10 a 30 cm, dependiendo del tamaño del horno (Skoog y Leary, 1994).

Las columnas capilares son de dos tipos básicos: las de pared recubierta (WCOT) y las de soporte recubierto (SCOT) (Skoog y Leary, 1994).

Las WCOT son simplemente tubos capilares donde la pared interna se ha recubierto con una finísima capa de fase estacionaria, se fabrican a partir de sílice fundido, conocidas como columnas tubulares abiertas de sílice fundida o FSOT. Debido a la fragilidad inherente a este material, en el mismo proceso de obtención del tubo se recubre con una capa de poliimida, de esta forma la columna puede enrollarse con un diámetro de unos pocos centímetros (Skoog y Leary, 1994).

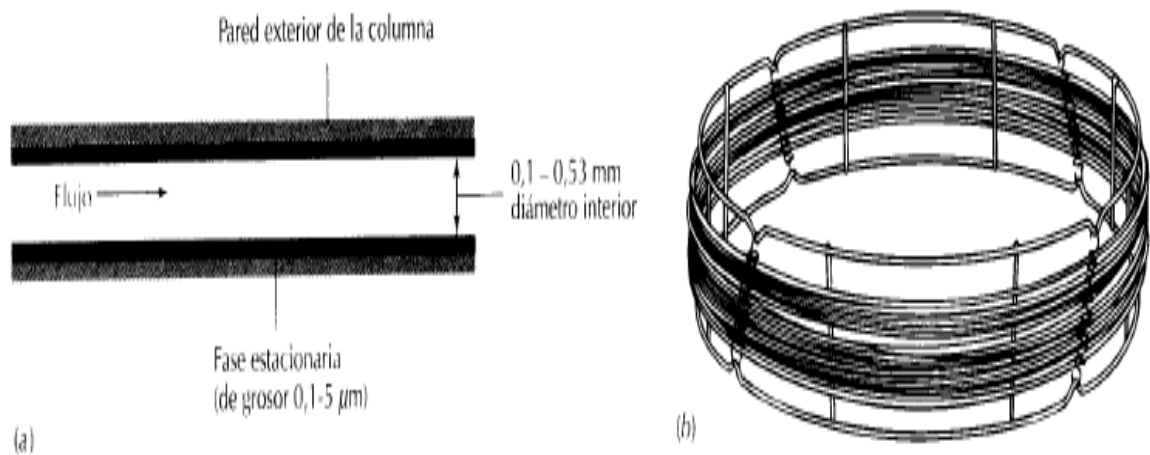
Las columnas SCOT tienen en su parte interna una fina capa de material adsorbente como el empleado en las columnas de relleno (tierra de diatomeas) donde se ha adherido la fase estacionaria (Skoog y Leary, 1994).

Las ventajas de las SCOT frente a las WCOT es la mayor capacidad de carga de esta última, ya que en su fabricación se emplean mayores cantidades de fase estacionaria, al ser la superficie de intercambio mayor. Por orden de eficacia, en primer lugar están las WCOT, luego las SCOT y por último las columnas de relleno (Skoog y Leary, 1994).

Existen ciertos factores que pueden afectar la eficiencia de una columna como lo son: La longitud de la columna, diámetro de la columna (1/4", 1/8", 1/16" de diámetro externo), tamaño de las partículas del relleno, naturaleza de las fases, cantidad de fase estacionaria, temperatura de la columna, velocidad del gas

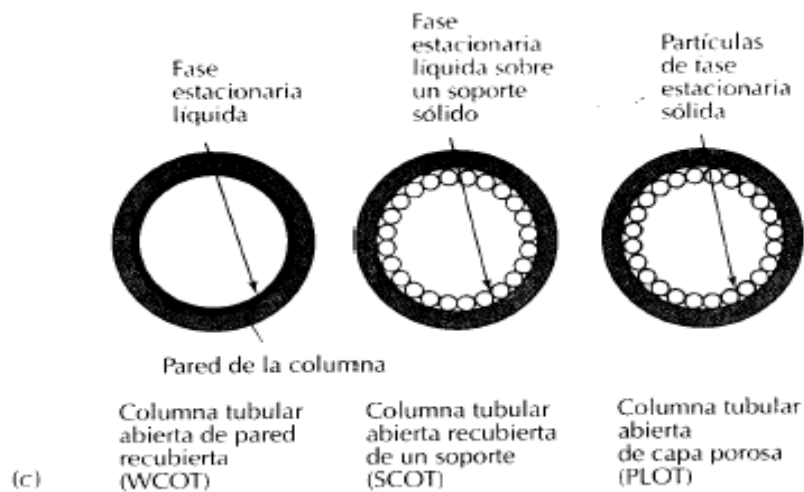
portador, cantidad de muestra inyectada, material del cual está elaborada la columna, enrollado de la columna (Cortez, 2003).

Figura 5. Columna capilar



Fuente: Harris, 2001

Figura 6. Tipo de columnas capilares



Fuente: Harris, 2001

1.3.3.3.4 Detector

Una vez separados los compuestos de una mezcla en la columna cromatográfica, se les tiene que detectar a su salida de modo que puedan ser identificados y medidos. Por lo general, un detector no identifica qué sale de la columna, sólo nos dice que algo está saliendo (Harris, 2001).

Las características de un detector ideal son:

- Sensibilidad: Es necesario que pueda determinar con precisión cuándo sale analito y cuando sale sólo el gas portador. Tienen sensibilidades entre 10^{-8} y 10^{-15} g/s de analito.
- Respuesta lineal al analito con un rango de varios órdenes de magnitud.
- Tiempo de respuesta corto, independiente del caudal de salida.
- Intervalo de temperatura de trabajo amplio, por ejemplo desde temperatura ambiente hasta unos 350-400°C, temperaturas típicas trabajo.
- No debe destruir la muestra.
- Estabilidad y reproducibilidad, es decir, a cantidades iguales de analito debe dar salidas de señal iguales.
- Alta fiabilidad y manejo sencillo, o a prueba de operadores inexpertos
- Respuesta semejante para todos los analitos, o
- Respuesta selectiva y altamente predecible para un reducido número de analitos (Skoog y Leary, 1994).

1.3.3.3.5 Integrador y registrador

En el integrador recibe la señal de los componentes que han sido detectados, para registrar así el área y el tiempo de retención de cada uno de los componentes para pasar inmediatamente al registrador e imprimir un soporte. El proceso de la separación se refleja en una serie de picos sobre el papel, dando como resultado el cromatograma de las muestras inyectadas (tranchant, 1972).

1.3.3.4 Aplicaciones de la cromatografía de gases

El primero como herramienta de separación eficaz; en este sentido, resulta inmejorable cuando se aplica a muestras orgánicas complejas, a organometálicos y a sistemas bioquímicos que sean especies volátiles o especies que pueden derivatizarse para dar sustancias volátiles. El segundo, claramente distinto, es el de proporcionar un medio para llevar a cabo un análisis. En este caso se emplean los tiempos o volúmenes de retención para la identificación cualitativa, mientras que las alturas de los picos o sus áreas dan información cuantitativa (Harris, 2001).

1.3.4 Cromatograma

Un cromatograma es un gráfico que a través de señales representan la respuesta del detector a la presencia de un analito en función del tiempo de elución (Harris, 2001)

Las señales que muestra el gráfico se representan en una serie de picos equivalentes al número de compuestos separados. A partir del cromatograma se obtienen datos analíticos cualitativos y cuantitativos (Arraiza, 2005)

II. MATERIALES Y METODOS.

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La presente investigación se realizó en la presa Gral. Álvaro Obregón "Oviachic" localizada en la zona sur del estado en el Municipio de Cajeme, esta presa es la mayor del Estado de Sonora y forma parte de la cuenca del Río Yaqui, cuenta con una extensión aproximada de 17,224 Has, y un volumen de 3,200 m³. Se encuentra aproximadamente a 45 Km. al norte del municipio de Cajeme en los paralelos 28C y 29C de latitud norte y los meridianos 10C y 110C de longitud oeste. Sus objetivos principales son abastecer mediante una extensa red de canales la irrigación requerida por el Valle del Yaqui, suministrar agua para el consumo del municipio y la realización de las diferentes actividades acuáticas como lo es la pesca a través de cooperativas pesqueras y visitantes.

Localización de la presa Álvaro Obregón
“Oviachic”

Figura 7. Localización de la Presa Álvaro Obregón



Fuente: Google Earth 2006

2.2 LIMPIEZA DEL MATERIAL DE VIDRIO.

Todo el material de vidrio que se utilice para determinación de plaguicidas, deberá ser lavado con agua y jabón, e introducirlo en extrán al 10% por 24 horas; posteriormente, enjuagar con agua de la llave y agua desionizada. En seguida colocar el material en una estufa durante 24 horas a 240 °C, (excepto el material volumétrico), después ambientar el material enjuagado con acetona dos veces y hexano una vez, finalmente cubrir con papel aluminio y guardar en un lugar limpio para prevenir la acumulación de polvos u otros contaminantes.

2.3 MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

2.3.1 Muestreo.

El muestreo se efectuó en los siguientes puntos: La matanza localizada a 109° 54" 30 seg. longitud oeste y 27° 55"30 seg. latitud norte, El Vertedor localizado a 109° 54"45 seg. longitud oeste y 27° 49"53 seg. latitud norte, El Capitán ubicado a 109° 50"49 seg. longitud oeste y 27° 48" 53 seg. y Los Carrizos localizado a 109° 47"20 seg. longitud oeste y 27° 55"48 seg. latitud norte.

Se debe muestrear con un recipiente de vidrio de un color ámbar de cuatro litros de capacidad, con tapón de rosca sellado con tapón con contratapa de teflón. La muestra se toma únicamente en la superficie del cuerpo receptor que se analizará. En caso de muestras de aguas profundas se debe utilizar para el muestreo frascos Winkler.

Se recomienda tomar las muestras por duplicado. Antes de colectarlas se debe enjuagar el frasco con el agua que va a muestrearse.

En los frascos debe anotarse con tinta indeleble: fecha, hora, lugar de muestreo.

Como algunos plaguicidas son inestables se deben transportar en hieleras y almacenar a 4 °C hasta la extracción, que debe llevarse a cabo durante los primeros

7 días después del muestreo. Almacenar los extractos a 4 °C y analizarlos dentro de 40 días para plaguicidas organoclorados (POC) y 14 días para plaguicidas organofosforados (POF).

2.3.2 Preparación de las muestras.

Para el control del método de extracción y purificación se efectúa en iguales condiciones y simultáneamente tres muestras: un blanco, un duplicado y una muestra de concentración conocida de plaguicidas organoclorados.

2.4 PROCEDIMIENTO ANALITICO.

2.4.1 Extracción de muestras de agua. Método EPA 608

1. Mezclar bien la muestra y ajustar el pH dentro de un rango de 5 a 9 con NaOH o H₂SO₄.
2. Transferir un litro de muestra dentro de un embudo de separación de 2 L usando probeta graduada de 1 L.
3. Enjuagar la botella de muestreo y probeta con 60 mL de éter dietílico/hexano, poner este solvente dentro del embudo de separación y agitar vigorosamente por 2 min. Esperar que las fases se separen por lo menos 10 minutos.
4. Drenar la fase acuosa a partir del embudo de separación dentro de la botella de muestreo y cuidadosamente pasar la fase orgánica a través de una columna de 2 cm de diámetro conteniendo de 8 a 10 cm de Na₂SO₄ anhidro.
5. Llevar a cabo de la misma forma dos extracciones más a la muestra colectando las fases orgánicas en el mismo recipiente después de pasarlas por el sulfato.
6. Concentrar toda la fase orgánica obtenida aproximadamente a 7 mL aforando a 10 mL con hexano.
7. Hacer una inyección inicial para el análisis por cromatografía de gases.
8. Correr de igual forma un blanco y una muestra enriquecida.

9. Purificación. Si la limpieza de la muestra es necesaria llevarla a cabo empleando una columna empacada con florisil.

2.4.2 Limpieza y purificación

Los procedimientos de limpieza pueden ser no necesarios en una muestra matriz. Si en caso de que se requieran se puede utilizar la limpieza a través de una columna de florisil para una selección fraccionada de los compuestos y eliminar las interferencias polares. El sulfuro elemental, el cual interfiere con el análisis de ciertos plaguicidas con el detector captura de electrones por cromatografía de gases.

2.4.2.1 Limpieza con gel-sílice magnesio. (Florisil)

1. Ajústese el volumen del extracto de la muestra a 10 mL con hexano. En una columna cromatográfica de vidrio de 20 mm de diámetro y 400 mm de longitud, con disco de vidrio poroso en el fondo, colocar una carga de florisil activada por el peso determinado por el ácido láurico. (Estandarización de la columna de sílice-magnesio (florisil) por ajuste de peso basado en la adsorción de ácido láurico).
2. Después de colocar el florisil mediante pequeños golpes sobre la columna, añada 1.3 cm de Na_2SO_4 granular anhidro sobre la parte superior. Elúyase previamente la columna después del enfriamiento con 50 o 60 mL de éter de petróleo. Deséchese el eluato y, justo antes de exponer la capa de sulfato Aire, transfírase cuantitativamente el extracto de la muestra a la columna mediante una cuidadosa decantación y con lavados subsiguientes con éter de petróleo (5 mL como máximo). Ajústese la tasa de dilución a unos 5 mL/min y, por separado, recójense los eluatos en matraces Kuderna-Danish de 500 mL provistos de receptores de 10 mL.
3. Realícese la primera elusión con 200 mL de éter al 6 por ciento en éter de petróleo y la segunda con 200 mL de éter al 15% en éter de petróleo. Realícese la tercera elusión con 200 mL en 200 mL de éter en éter de

petróleo al 50 % y la cuarta con 200 mL de éter etílico al 100%. Prosígase con 50 a 100 mL de éter de petróleo para asegurar la eliminación de todo el éter etílico de la columna. Como alternativa, para separar los BPC, elúyase inicialmente con etil éter al 0% en éter de petróleo y procédase del modo anterior con el fin de producir cuatro fracciones.

4. Concéntrese los eluatos en un baño maría con aire, dilúyase hasta el volumen apropiado y analícese mediante cromatografía de gases.
5. Composición del eluato. Mediante el uso de una cantidad equivalente de un lote cualquiera de gel de sílice-magnesio determinado por su valor de ácido laúrico, los pesticidas se separan en los eluatos indicados a continuación:

Eluato de etil éter al 6 por 100. Aldrín, BHC, Clordán, DDD, DDE, DDT, Heptacloro, Epóxido de heptacloro, lindano, metoxicloro, Mirex, pentacloronitrobenzeno, Toxafeno, Trifluralín y BPC.

Eluato de etil éter al 15 por 100.

Endosulfan I, Endrín, Dieldrín, Diclorán, Ésteres de talato.

Eluato de etil éter al 50 por 100.

Endosulfán II, Captán.

2.5 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS CROMATÓGRAFICO

El análisis cromatográfico consiste en identificar los plaguicidas organoclorados presentes en la muestra problema de acuerdo a su tiempo de retención. Se inyectan en el cromatógrafo alternadamente de 1 a 2 μL de las muestras a analizar y los patrones individuales de los plaguicidas bajo las condiciones de operación según la columna que este instalada en el equipo cromatógrafo de gases Varían 3800.

La columna Capilar Factor Four VF-5 MS 30 m X 0.25mm ID. DF = 0.25, marca VARIAN, se utiliza para compuestos no polares.

Presenta las siguientes condiciones:

Temperatura del detector captura de electrones: 300 °C y rango 10.

Temperatura del inyector: 275 °C modo splittless.

Presión: 15 psi.

Cuadro 7: Temperatura de la columna VF-5:

Temperatura °C	Rate (°C/min)	Hold (min)	Total (min)
50	0.0	1.00	1.00
180	30.0	1.00	6.33
220	6.0	11.00	24.00
250	5.0	7.0	37.00

Si es la columna capilar Factor Four VF-1701 MS 30m X 0.25 mm ID. DF = 0.25 marca VARIAN, para compuestos de polaridad intermedia.

Presenta las siguientes condiciones:

Temperatura del detector captura de electrones: 275 °C y rango 10.

Temperatura del inyector: 275 °C modo splittless.

Presión: 15 psi.

Cuadro 8: Temperatura de la columna VF-1701:

Temperatura °C	Rate (°C/min)	Hold (min)	Total (min)
150	0.0	1.00	1.00
275	5.0	11.00	37.00

Si es la columna Capilar DB-1 MS 30 m X 0.25mm ID. DF = 0.25, marca VARIAN, para compuestos no polares.

Esta columna tiene las siguientes condiciones:

Temperatura del detector captura de electrones: 300 °C y rango 10.

Temperatura del inyector: 250 °C

Presión: 15 psi.

Cuadro 9: Temperatura de la columna DB-1

Temperatura °C	Rate (°C/min)	Hold (min)	Total (min)
190	_____	_____	0,00
220	4.0	30	37.50

Si es la columna capilar DB-608 MS 30m X 0.25 mm ID. DF = 0.25 marca VARIAN, para compuestos de polaridad intermedia.

Esta columna DB-608 presenta las siguientes condiciones:

Temperatura del detector captura de electrones: 300 °C y rango 10.

Temperatura del inyector: 250 °C modo splittless.

Presión: 15 psi.

Cuadro 10: Temperatura de la columna DB-608

Temperatura °C	Rate (°C/min)	Hold (min)	Total (min)
190	_____	_____	_____
260	4.0	20	37.50

Cualificación:

El análisis cualitativo de los plaguicidas se realiza inyectando en dos columnas cromatográficas capilares con polaridad diferente para identificar con seguridad los compuestos organoclorados que tienen cada una de las muestras.

Inyectar en la columna VF-5 no polares y en la VF-1701 de polaridad intermedia. O bien en la DB-1 que es equivalente a la VF-5 y en la DB-608 que es equivalente a la VF-1701, el blanco, el estándar de recuperación y la muestra de concentración conocida de plaguicidas organoclorados, enseguida, inyectar en forma alternada las muestras problema y el estándar de éxido de heptacloro.

Cuantificación:

La cuantificación se efectúa usando cualquiera de las dos columnas cromatográficas empleadas ya sea la VF-5 o la VF-1701 si se utiliza este modelo, o en su caso DB-1 o DB-608. Así, simultáneamente se confirma la identidad de cada plaguicida. La cuantificación se hace relacionando las alturas de los picos o el área de las muestras, con las alturas de los picos o de las áreas de los estándares patrón.

NOTA: Las muestra de los tres primeros meses fueron analizadas con las columnas DB-1 y DB-608, únicamente las muestras del cuarto mes fueron analizadas con las columnas cromatográficas VF-5 y VF-1701.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis realizados a las muestras arrojaron resultados cualitativos los cuales determinaron si existen o no, plaguicidas organoclorados. Y los resultados cuantitativos indicaron la concentración en la cual se encontraron los compuestos organoclorados que fueron detectados en el análisis cualitativo, en las muestras tomadas de la presa Álvaro Obregón, específicamente de los siguientes puntos: La matanza, El vertedor, El capitán y Los carrizos.

3.1 Análisis cualitativo.

Para poder identificar los plaguicidas en las muestras fue necesario inyectar en el cromatógrafo de gases los estándares de los plaguicidas en estudio con concentración conocida (Cuadro 8). De tal manera que el detector identifique cada uno de los componentes que fueron inyectados para poder conocer los tiempos de retención de cada uno de ellos, y así compararlos con los tiempos de retención de los picos detectados en las diferentes muestras tomadas de cada uno de los puntos de la presa Álvaro Obregón.

Tabla 1. Estándares de plaguicidas empleados para el análisis cualitativo y cuantitativo.

PLAGUICIDA	CONCENTRACIÓN ppm	PLAGUICIDA	CONCENTRACIÓN ppm
Aldrín	0,033	pp.DDE	0,01
Lindano	0,0045	pp.DDD	0,01
Heptacloro	0,0044	Endrín	0,01
Epóxido de Heptacloro	0,0033	Dieldrin	0,01
Metoxicloro	0,180	Malatión	0,05
Clordano A	0,025	Paratión	0,05
Clordano B	0,025		

Los estándares y muestras fueron inyectados en dos diferentes columnas cromatográficas de acuerdo al modelo de las mismas, ya sea VF-5 y VF-1701 o en su caso DB-1 Y DB-608 a diferentes condiciones de trabajo, mencionadas en el capítulo anterior (cuadro 7 y 8 ò 9 y 10) respectivamente. Obteniendo diferentes tiempos de retención.

Tabla 2. Tiempos de retención de plaguicidas inyectados en columnas no polares

PLAGUICIDA	Tr (min)	PLAGUICIDA	Tr (min)
Lindano	4,620	Epóxido	8,69
Heptacloro	6,237	Clordano B	10,539
Malatión	6,381	pp-DDE	11,517
Paratión	7,032	Dieldrin	14,08
Aldrín	7,305	Endrín	13,579
Clordano A	9,798	pp-DDD	14,664
Metoxicloro	25,954		

Tabla 3. Tiempos de retención de plaguicidas inyectados en columnas medianamente polar

PLAGUICIDA	Tr (min)	PLAGUICIDA	Tr (min)
Lindano	8,613	Epóxido	12,882
Heptacloro	9,325	Clordano B	14,392
Malatión	12,107	pp-DDE	14,801
Paratión	13,318	Dieldrin	15,583
Aldrín	8,613	Endrín	16,440
Clordano A	14,188	pp-DDD	18,301
Metoxicloro	22,971		

Al realizar el análisis cualitativo se obtuvieron resultados preliminares, los cuales fueron confirmados con la inyección en la segunda columna. Los resultados obtenidos indicaron que de las muestras tomadas en los cuatro meses, únicamente en las del tercer mes se detectó la presencia de plaguicidas específicamente en el área de El vertedor se encontró aldrín, heptacloro y malatión y en el área de El capitán se halló pp-DDD. Es por esto, que a estas muestras se le realizaron análisis cuantitativos para determinar la concentración en la que se encontraban.

3.2 Análisis cuantitativos

Para poder determinar la concentración en la cual se encontraron los plaguicidas que fueron detectados en las muestras del tercer mes, se empleó la columna VF-5 ya era la que se estaba utilizando en ese momento. La cual confirmó la identidad de los plaguicidas, siendo en este caso aldrín, heptacloro y malatión en el área de El vertedero y pp-DDD en El capitán.

La cuantificación se realizó relacionando la altura o área de los picos de la muestra, con los de los estándares, mediante la siguiente fórmula:

$$\mu\text{g/L} = \frac{A \times B \times C \times D}{E \times F \times G}$$

Donde:

A = Pesticida estándar

B = Altura del pico de la muestra mm, o valor del área

C = Volumen de extracción, μL

D = Factor de dilución

E = Altura del pico del estándar, mm o valor del área

F = Volumen del extracto inyectado, μL

G = Volumen de muestra extraído, mL

El plaguicida aldrín se encontró en una concentración de 1.010×10^{-5} mg/L, el heptacloro en 1.72×10^{-5} mg/L y el malitiòn 3.88×10^{-5} mg/L en las muestras tomadas de El vertedor y pp-DDD en 2.613×10^{-5} mg/L en las muestras de El capitan.

Los resultados de los análisis cualitativos y cuantitativos de las muestras tomadas en las diferentes áreas de la presa Álvaro Obregón en cuatro meses se presentan a continuación en las tablas 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Tabla 4. Resultados del análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras tomadas en la presa Álvaro Obregón, específicamente en el área de El vertedor, El capitán, Los carrizos y La matanza, en el primer mes.

PLAGUICIDA	LÍMITE MAXIMO PERMITIDO mg/l	LÍMITE DE DETECCIÓN ppm	EL CAPITAN ppm	LA MATANZA ppm	EL VERTEDOR ppm	LOS CARRIZOS ppm
Aldrín	0,03	< 0,0469	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dieldrin	0,03	<0,0123	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endrín	0,03	< 0,0213	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDE	0,03	< 0,0020	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDD	0,03	< 0,0839	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Heptacloro	0,03	< 0,0033	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Epóxido de heptacloro	0,03	< 0,0061	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lindano	2,00	< 0,0058	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Metoxicloro	20,00	< 0,1999	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ND = Plaguicida no detectado

ppm = mg/L

Tabla 5. Resultados del análisis cualitativo de las muestras tomadas en la presa Álvaro Obregón, específicamente en el área de El vertedor, El capitán, Los carrizos y La matanza, en el segundo mes.

PLAGUICIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO mg/l	LÍMITE DE DETECCIÓN ppm	EL CAPITAN ppm	LA MATANZA Ppm	EL VERTEDOR ppm	LOS CARRIZOS ppm
Aldrín	0,03	< 0,0469	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dieldrin	0,03	<0,0123	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endrín	0,03	< 0,0213	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDE	0,03	< 0,0020	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDD	0,03	< 0,0839	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Heptacloro	0,03	< 0,0033	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Epóxido de heptacloro	0,03	< 0,0061	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lindano	2,00	< 0,0058	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Metoxicloro	20,00	< 0,1999	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ND = Plaguicida no detectado

ppm = mg/L

Tabla 6. Resultados del análisis cualitativo de las muestras tomadas en la presa Álvaro Obregón, específicamente en el área de El vertedor, El capitán, Los carrizos y La matanza, en el tercer mes. Las cuales se realizaron con las columnas cromatográficas VF-5 y VF-1701.

PLAGUICIDA	LÍMITE MAXIMO PERMITIDO mg/l	LÍMITE DE DETECCIÓN ppm	EL CAPITAN ppm	LA MATANZA Ppm	EL VERTEADOR ppm	LOS CARRIZOS ppm
Aldrín	0,03	< 0,0469	N.D.	N.D.	N.D. (1.010 X 10 ⁻⁵)	N.D.
Dieldrin	0,03	<0,0123	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endrín	0,03	< 0,0213	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDE	0,03	< 0,0020	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDD	0,03	< 0,0839	N.D. (2.613 x 10 ⁻⁵)	N.D.	N.D.	N.D.
Heptacloro	0,03	< 0,0033	N.D.	N.D.	N.D. (1.72 X 10 ⁻⁵)	N.D.
Epóxido de heptacloro	0,03	< 0,0061	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lindano	2,00	< 0,0058	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Metoxicloro	20,00	< 0,1999	N.D.	N.D.	N.D. (3.88 X 10 ⁻⁵)	N.D.

ND = Plaguicida no detectado

ppm = mg/L

Tabla 7. Resultados del análisis cualitativo de las muestras tomadas en la presa Álvaro Obregón, específicamente en el área de El vertedor, El capitán, Los carrizos y La matanza, en el cuarto mes. Las cuales se realizaron con las columnas cromatográficas VF-5 y VF-1701.

PLAGUICIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO mg/l	LÍMITE DE DETECCIÓN ppm	EL CAPITAN ppm	LA MATANZA ppm	EL VERTEDOR ppm	LOS CARRIZOS ppm
Aldrín	0,03	< 0,0469	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dieldrin	0,03	<0,0123	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endrín	0,03	< 0,0213	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDE	0,03	< 0,0020	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
pp-DDD	0,03	< 0,0839	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Heptacloro	0,03	< 0,0033	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Epóxido de Heptacloro	0,03	< 0,0061	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lindano	2,00	< 0,0058	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Metoxicloro	20,00	< 0,1999	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ND = Plaguicida no detectado

ppm = mg/L

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis cualitativo y cuantitativo indicaron la presencia de plaguicidas organoclorados en las muestras tomadas en el tercer mes, en El vertedor detectando aldrín en una concentración de 1.010×10^{-5} mg/L, el heptacloro en 1.72×10^{-5} mg/L y el malitión 3.88×10^{-5} mg/L en las muestras tomadas de El vertedor y pp-DDD en 2.613×10^{-5} mg/L en las muestras de El capitan. Estas están muy por debajo del límite máximo permitido, según la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994

Por lo que se puede concluir que el agua de la presa Álvaro Obregón es apta para el abastecimiento de las cooperativas pesqueras de Buena Vista, Cumuripa y Viva Zapata, ya que cumple con la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, por lo tanto no representa riesgo alguno para los cultivos acuícolas. Deduciendo con esto que no genera problemas a la salud de los consumidores.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Debido a que se detecto la presencia de plaguicidas en el agua de la presa Álvaro Obregón siendo esta en una concentración muy baja, se recomienda llevar un control sobre la misma realizando análisis de plaguicidas de manera frecuente.

BIBLIOGRAFÍA

Albert Lilia. 1986. **Plaguicidas, Salud y Ambiente**. Fundamentos Toxicológicos de los plaguicidas. Centro Panamericanos de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud

Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICLOPLAFEST). 1994. **Catálogo Oficial de Plaguicidas**. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaria de Desarrollo Social, Secretaria de Salud, Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. México

<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/download/pytransporte.pdf>

Cortinas Nava y Col. 1996. Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas **Boletín informativo No. 1**. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

Cremllyn, R. 1982. **Plaguicidas Modernos y su Acción Bioquímica**. Primera Edición. Editorial LIMUSA. México.

Donald P. 1989. **Diagnostico y Tratamiento de los Envenenamientos por Plaguicidas**. Cuarta Edición, Editado por EPA, México, D.F.

García Calleja, 1998. **Estudio Preliminar de Plaguicidas y Metales Pesados en Agua Potable y de uso General en el valle del Yaqui, Sonora, México**. Tesis. Cd. Obregón, Sonora, México.

Instituto Tecnológico de Sonora, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Septiembre de 1993. **Evaluación de la Calidad del Agua Residual Urbana, Industrial y Agricultura Desde su Origen Hasta su Descarga en Aguas Costeras en el Valle del Yaqui, Sonora.** Informe final. Cd. Obregón, Sonora.

Leyva y col. 1989. **Estudio de Plaguicidas en Sistema Estuarino “La Antanasia Sto. Domingo” del Valle del Yaqui, Sonora.** Boletín Académico. ITSON. No. 9. México.

Metcalf y Eddy inc. 1985. **Ingeniería Sanitaria, Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales.** 2ª Edición. Editorial Labor S.A. Barcelona, España

Middlenton, F. M. 1991. **Advanced Wastewater Treatment Technology in Water Reuse.** The hebreu University. Jerusalén, Israel.

Primo Yufera y Carrasco Dorrién. 1977. **Química Agrícola II. Plaguicidas y Fitorreguladores.** Primera Edición. Editorial Alambra. España.

Lara Guillermo. 2004. **Plaguicidas en la biodiversidad del suelo: su comportamiento como contaminante**

Farrera P., R. 2004. Centro Nacional De Investigaciones Agropecuarias De Venezuela: **Acerca de los plaguicidas y su uso en la agricultura.** Revista Digital CENIAP HOY, Número 6, septiembre-diciembre 2004. Maracay, Aragua, Venezuela. URL: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/farrera_r/arti/farrera_r.htm

Fernando Cortés Tello, **Epidemiología y Metodología de la Investigación, especial de plaguicidas.** Escuela de Enfermería y de Química y Farmacia de la Universidad Arturo Prat Iquique. URL: http://www.paritarios.cl/especial_plaguicida.htm

Biblioteca Nacional de Salud y Seguridad Social (BINASSS) Costa Rica. .

Intoxicación por plaguicidas, Virginia Siles Rojas. 2001. URL:

<http://www.binasss.sa.cr/poblacion/plaguicidas.htm>

El Comité de Sanidad Acuícola en Sonora, A.C. (COSAES)

http://www.cosaes.com/antecedentes_peces.htm

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1996. **Reseña Toxicológica de la Endrina** (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2005. **Reseña Toxicológica del Alfa-, Beta-, Gama- y Delta-Hexaclorociclohexano** (versión actualizada) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) España. **Fichas Internacionales De Seguridad Química**, Última revisión realizado por el Programa Internacional sobre Seguridad Química (IPCS): 2003

Tovar F. Jairo A. **Técnicas y química celular**, curso básico de biología celular. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Programa de Postgrado. Última actualización enero del 2004

<http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/>

Colaboradores de Wikipedia. Cromatografía [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2006. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cromatograf%C3%ADa&oldid=3530268>.

Skoog, Douglas A. y Leary, James J. 1994, **Análisis Instrumental**, Madrid: McGraw-Hill.

Cortez Rubén D. 2003 **técnicas de separación: cromatografía de gases**. Red Latinoamericana de Química (ReLaQ).
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/x2570s/X2570S10.htm

Arraiza Bermúdez, M. Paz. 2005. E.T.S.I; operaciones básicas. **Análisis instrumental y operaciones**. Montes. Departamento de ingeniería forestal. Universidad politécnica de Madrid.

Harris Daniel, 2001. Análisis químico cuantitativo. 2º Edición. Editorial Reverté S.A. México.

FAO 2000. Manual de referencia: Evaluación de la contaminación del suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/x2570s/X2570S10.htm

Fernández Leodegario, 1987. Condiciones de Trabajo y Salud el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
<http://www.mtas.es/insht/monitor/Inicio/MT/iii/mtiii33.pdf>

López C, L. 1993. **Exposición a plaguicidas organofosforados**. Perspectivas en la salud. Instituto Nacional de Salud Pública

Restrepo Ivan. 1992. Los plaguicidas en México, Comisión Nacional de los Derechos Humanos, México, DF.

Tranchant, J. (1972). Manual práctico de cromatografía en fase gaseosa. Primera edición. Editorial Toray- Masson, S.A., Barcelona, España.

Morgan, P.M. 1989. Diagnostico y tratamiento de los envenenamientos por plaguicidas. 4^{ta} edición. México, DF.

Google Herat 2006, Software versión 3.0.0762

