



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

PRESENCIA DE HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS EN
BOCA DEL CARMEN, LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE

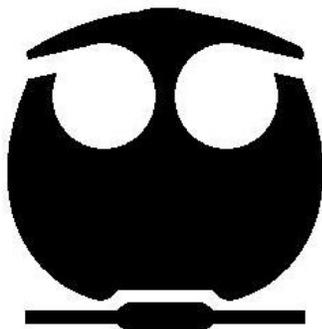
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

EMMANUEL VARELA VALENZUELA



MÉXICO, D.F

2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente Prof. Leticia María de los Ángeles González Arredondo

Vocal Prof. Rodolfo Torres Barrera.

Secretario Prof. Felipe Vázquez Gutiérrez.

1er. Suplente Prof. Landy Irene Ramírez Burgos

2º. Suplente Prof. Alfonso Durán Moreno.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; Departamento de Físicoquímica Marina.

Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez. _____

Emmanuel Varela Valenzuela. _____





Agradecimientos

Gracias al doctor Felipe Vázquez por ayudarme en la realización de esta tesis.

Gracias a mis padrinos Antonio y Edith por el apoyo durante la carrera.

Gracias a mis papas Luis y Martha por todo el apoyo durante mi formación escolar y por la educación que de ellos recibí, a mis hermanos Tony y Andy.

Gracias a Nelly que de vez en cuando me da jalones de orejas (no en el sentido literal) para que deje de perder el tiempo.

Gracias a Isma, Mau, Israel, Leo Mizraim por su amistad, y todas las demás personas que conozco y temo olvidar a alguien si intento mencionarlas a todas, pero gracias.





Índice

	Página
1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Objetivos	4
4. Generalidades	5
5. Área de estudio	33
6. Metodología	35
7. Resultados y Discusión	46
8. Conclusiones	64
9. Bibliografía	66
10. Anexos	69



1.- Resumen

La laguna de Términos es un área de protección de flora y fauna silvestre localizada al suroeste de Campeche, y es una zona de gran importancia ecológica y económica, pero debido a su ubicación esta propensa a que muchos contaminantes orgánicos lleguen a ella. Los contaminantes orgánicos que se evalúan en el presente trabajo son plaguicidas organoclorados y organofosforados, así como hidrocarburos poliaromáticos y alifáticos en siete puntos situados en boca del Carmen. Se realizaron dos muestreos uno en febrero y uno en septiembre del 2005 y en dichos muestreos recolectaron muestras de agua y sedimento de los siete puntos.

En cuanto a plaguicidas organoclorados se encontraron pequeñas concentraciones de DDT, DDE, DDD, aldrín y α -BHC, los primeros tres están prohibidos en otros países pero que están permitidos en México, y los últimos dos están prohibidos en México.

Los plaguicidas organofosforados encontrados fueron: chlorpyrifos, phosdrín, prophos, tetrachlorvinphos y Metilparatión, este último actualmente prohibido en México.

Se encontraron hidrocarburos alifáticos en concentraciones relativamente altas, en las estaciones mas alejadas del mar, y bajas concentraciones de poliaromáticos.





2.- Introducción

Las lagunas costeras son sitios de gran importancia ya que muchas especies de organismos marinos las utilizan para protección alimentación y reproducción, también son lugares de importancia económica debido a la gran cantidad de especies que ahí se encuentran.

Estos sitios son ambientes particularmente complejos y con un movimiento constante. Esta situación ambiental está relacionada con los aspectos físicos de las mismas, que se suman a los efectos ligados a las actividades humanas — tales como urbanización, agricultura intensiva, industria, turismo, recreación y conservación del medio ambiente — lo que altera estos ambientes y la estabilidad de los equilibrios naturales.

La importancia ecológica de estuarios y lagunas costeras radica en que son lugares donde los peces transforman energía desde fuentes primarias, la introducen al ecosistema por medio de la cadena alimenticia, intercambian energía con ecosistemas vecinos a través de importación y exportación de ella, constituyen una forma de almacenamiento de energía dentro del ecosistema.

A partir de 1950 la región de la Laguna de Términos ha sido una de las zonas más productivas de camarón del Golfo de México. Desde mediados de los años 70 y hasta la actualidad, la Sonda de Campeche es una zona estratégica de extracción de petróleo y gas para todo el país.

La región es parte del complejo ecológico de la planicie costera que controla los procesos deltaicos del sistema de ríos Grijalva-Usumacinta, que es el de mayor volumen de descarga de agua dulce y sedimentos terrígenos hacia el mar en todo el país. Sus sistemas pantanosos o humedales, junto con los de Tabasco, forman la unidad ecológica costera más importante de Meso América por su productividad natural y biodiversidad.

La influencia de Villahermosa, actividades de la industria petrolera, aguas residuales, desechos orgánicos y sólidos, agroquímicos y metales. Arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes de campos arroceros, presentan un problema para la estabilidad de ese ecosistema debido a que recibe agua de varias zonas cercanas incluyendo agua de mar proveniente del golfo de México, la explotación petrolera en la Sonda de Campeche ocupa el primer lugar en la preocupación frente a los efectos que puede causar en la Laguna de Términos. A pesar de que la zona de plataformas marinas en la Sonda se encuentra a 75





Introducción

kilómetros del área protegida, la infraestructura y actividades que en ella se desarrollan representa una fuente actual y potencial de contaminantes hacia la Laguna de Términos. La elevación del nivel de hidrocarburos en la laguna puede ser resultado de las actividades petroleras en la Sonda de Campeche y de los derrames incidentales de hidrocarburos.





3.- Objetivo

Objetivo

Establecer la presencia y distribución de compuestos contaminantes orgánicos en agua y sedimentos.





4.- Generalidades

4.1.-Plaguicidas

4.1.1.- Definición

Se considera como plaguicida a cualquier sustancia o mezcla 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 perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal. (SEMARNAP, 1999). La producción de estas sustancias surge a partir de la Segunda Guerra Mundial, donde los países industrializados inician la fabricación de plaguicidas con carácter comercial con el fin de aumentar la producción agrícola.

El primer plaguicida químico que apareció en los mercados es el DDT (dicloro difenil tricloroetano) perteneciente al grupo de los organoclorados. Aunque ya había sido sintetizado a fines del siglo pasado, desde 1939 lo fabrica la empresa suiza Geigy, quién descubre sus propiedades insecticidas desarrollándolo a gran escala en Estados Unidos e Inglaterra. Inicialmente, el uso del DDT trae consigo una verdadera revolución en las técnicas de control de plagas, debido a que no es caro, es de amplio espectro y muy efectivo en el corto y mediano plazo (Turk *et al.*, 1984; Rozas., 1995). La promesa de aniquilación de todos los insectos plagas permaneció solo 30 años, poco a poco fue perdiendo eficacia para ser finalmente prohibida su venta y transporte en el año 1973 en los EEUU. El éxito del DDT incitó a los químicos orgánicos a realizar mayores esfuerzos, y pronto se comercializaron otros compuestos clorados orgánicos letales como: Lindano, Dieldrín y Clordano a los cuales se suman otros insecticidas sintéticos de mayor efectividad, los organofosforados, como el Paratión y Malatión. El descubrimiento de estos nuevos pesticidas organoclorados y organofosforados en aquella época, reemplaza la palabra control por erradicación convirtiendo el uso de los pesticidas en algo automático, no asociándolo con daño alguno real o potencial (Dethier, 1980). Con el uso y el abuso de estos venenos los científicos comprobaron que no solo matan la plaga para lo que fueron previstos. También se generan residuos como producto de los cultivos que afectan no solo al medio ambiente, sino que a muchos otros seres vivos (Wais *et al.*, 1997).

Los pesticidas se preparan deliberadamente para ser tóxicos frente a determinados organismos, siendo esta la razón de su utilidad comercial. Producto del proceso de fabricación, los plaguicidas adquieren diversas





impurezas o subproductos no deseados entre otros dioxinas, sustancias altamente tóxicas.

Los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios: Concentración, Ingrediente activo, Plaguicida técnico, plaguicida formulado; Organismos que controlan: Insecticidas, Acaricidas, Bactericidas, Rodenticidas, Avicidas, etc.; Modos de acción: De contacto, Repelentes, De ingestión, Defoliantes, Fumigantes; Composición química: Organoclorados, Triazinas, Organofosforados, Compuestos de cobre, Piretroides, Organoazufrados, etc.; Presentación de formulaciones: Sólidos, Líquidos y Gases; Uso al que se destinan: Agrícola, Urbano, Pecuario, Industrial, Forestal, Doméstico.

Para este trabajo tomaré la clasificación bajo el criterio de su composición química y enfocándome en organoclorados y organofosforados que son los que se analizan en este laboratorio.

4.1.2.- Organoclorados

Agrupar a un considerable número de compuestos sintéticos de bajo costo cuya estructura química corresponde a los hidrocarburos clorados. Se caracteriza por su baja solubilidad en agua y su elevada solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos. Además, en general poseen baja presión de vapor y una alta estabilidad química, así como una notable resistencia al ataque de los microorganismos. Estas propiedades permiten comprender el comportamiento de estos compuestos en el ambiente y en los seres vivos, permitiendo predecir que estos compuestos y sus productos de transformación tenderán a acumularse en el tejido graso de los organismos vivos. Su baja presión de vapor, su gran estabilidad físico-química condicionan que la persistencia de estos plaguicidas en el ambiente sea elevada, algunos de los plaguicidas organoclorados son los compuestos que más persisten en el ambiente acumulándose en el suelo y las napas subterráneas.

Al excretarse por vía biliar pueden ser absorbidos a nivel intestinal, posibilitando una vida biológica mayor y efectos a largo plazo. Actúan por inhibición del enzima citocromoxidasa que interviene en el intercambio gaseoso durante la respiración de los animales con circulación de sangre y por inestabilidad del sistema nervioso.

Los plaguicidas organoclorados pueden ingresar al organismo por ingestión, inhalación o por contacto con la piel. La absorción de grandes dosis se facilita cuando estos plaguicidas se hayan disueltos en grasa





animal o vegetal. La penetración dérmica de los plaguicidas organoclorados varía ampliamente, desde el DDT (Fig. 1f) que es poco absorbido por la piel intacta, aún en solución aceitosa, hasta aquellos, como endrín (Fig. 1d), aldrín (Fig. 1b), dieldrín (Fig. 1a) y heptacloro, que penetran con mayor rapidez y proporción.

En general, los efectos tóxicos de los plaguicidas organoclorados se observan con mayor rapidez después de su ingestión, que por exposición dérmica o inhalación.

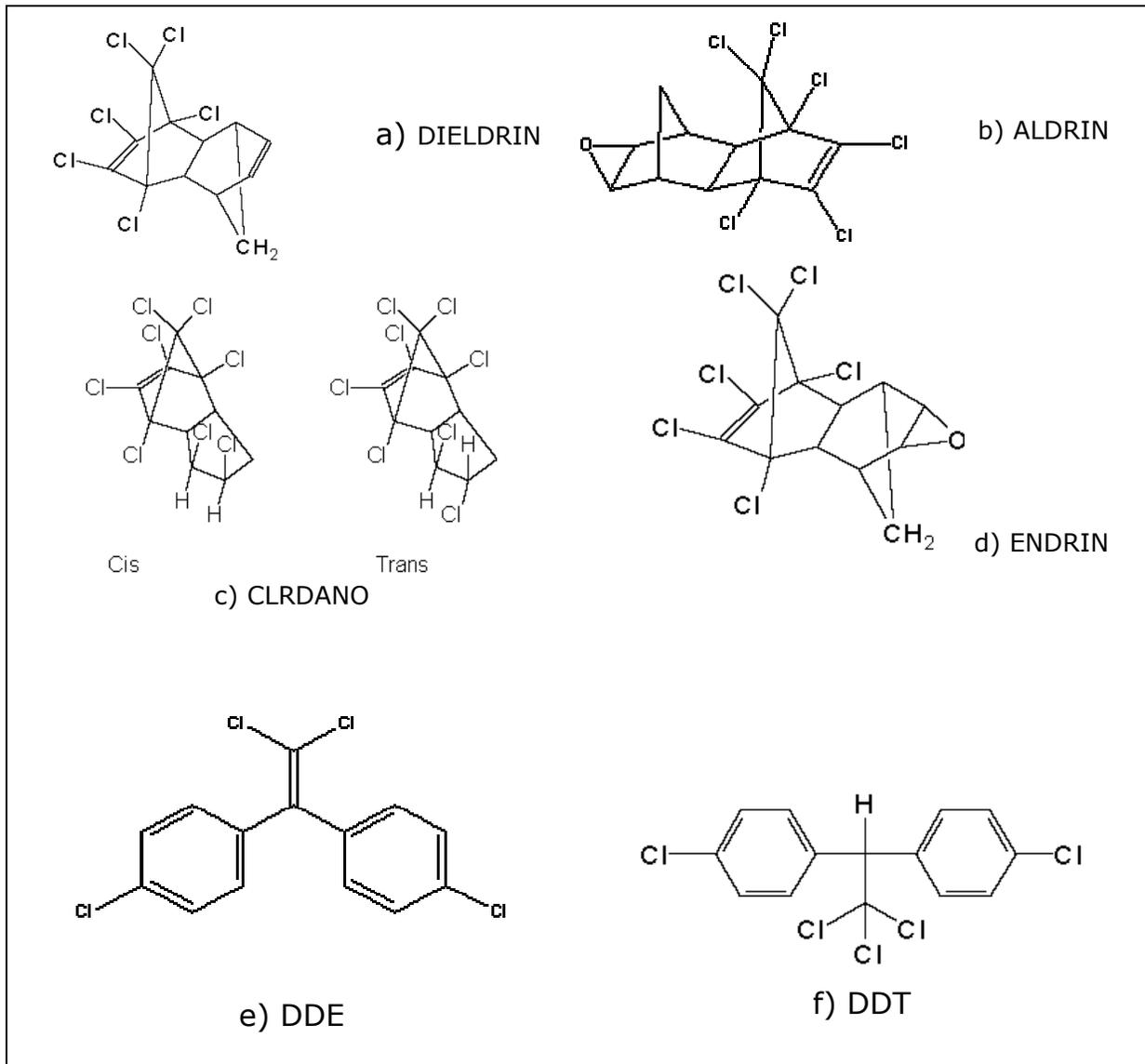


FIGURA 1.-Estructuras químicas de algunos plaguicidas organoclorados.





4.1.3.- Organofosforados

Son fundamentalmente ésteres del ácido fosfórico. Se descomponen con mayor facilidad y son menos persistentes en el ambiente con relación a los organoclorados, pero más peligrosos para el hombre debido a que tienen un alto grado de toxicidad.

Muchos de ellos son sistémicos, es decir, son absorbidos por las plantas e introducidos en el sistema vascular de los vegetales, actuando tanto en los insectos chupadores como también sobre las personas que ingieren el alimento, aunque este sea previamente lavado.

Ingresa al organismo por vía dérmica, respiratoria, digestiva y conjuntiva. Cuando el ingrediente activo se disuelve en solvente orgánico, se facilita la absorción del producto a través de la piel. La vía dérmica es responsable de un alto porcentaje de intoxicaciones.

La vida media de los organofosforados y sus productos de biotransformación es relativamente corta (horas a días).

Una vez en el organismo su biotransformación se hace mediante enzimas oxidasas, hidrolasas y transferasas, principalmente hepáticas. La eliminación tienen lugar por la orina y en menor cantidad por heces y aire expelido.

El primer efecto bioquímico asociado con la toxicidad de los organofosforados es la inhibición de la acetilcolinesterasa.

En el sistema nervioso existe una proteína que tiene actividad enzimática estéarica; ésta, cuando es fosforilada por el plaguicida, se convierte en lo que se denomina estearasa neurotóxica, responsable de la neuropatía retardada.

Son biodegradables y no se acumulan en el organismo. Presentan problemas especiales debido a que cuando hay combinación entre algunos organofosforados, se producen diversos efectos, entre otros, sinergia, potenciación e inhibición de la detoxificación.

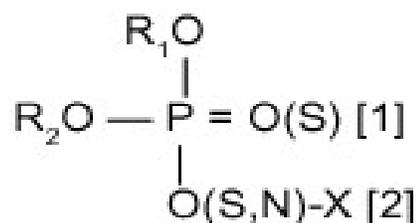


FIGURA 2.- Estructura Química General de los Plaguicidas Organofosforados.





La fórmula estructural general de estos compuestos (Figura 2.), que se caracterizan por la presencia de (en general) tres funciones éster, es la siguiente:

En la que R_1 y R_2 son radicales alquilo, generalmente metilo o etilo, el grupo X es característico de cada especie química, siendo frecuentemente un radical arilo, y suele contribuir de forma importante a sus propiedades físicas y químicas y biológicas.

Se trata de compuestos, en general, marcadamente apolares, lo que significa que desde el punto de vista químico la mayoría son escasamente solubles en agua, aunque con grandes diferencias de un compuesto a otro, y desde el punto de vista biológico tienden a disolverse en grasas. Por tal motivo, la piel, donde se encuentra una importante capa de tejido con elevado contenido en lípidos, puede constituirse en una importante vía de entrada. La estabilidad de los organofosforados depende del pH del medio; a pH fuertemente alcalino se descomponen, lo que puede ser utilizado para destruirlos.

4.1.4.- Carbamatos

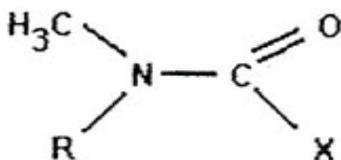


FIGURA 3.- Estructura Química General de los carbamatos.

El grupo de los carbamatos corresponde en su mayor parte a derivados del ácido N-metil - carbámico (Fig. 3); son de fácil acción sistémica, su forma de acción es similar a los organofosforados, su persistencia en el ambiente y su toxicidad es intermedia entre los dos anteriores. De acuerdo a su composición, sus derivados pueden tener propiedades insecticidas, fungicidas o herbicidas.

Ingresan a los mamíferos a través de la piel, conjuntiva, vía respiratoria y vía digestiva. Los carbamatos son activos inhibidores de la acetilcolinesterasa pero esta inhibición es transitoria, de algunas horas solamente. No se ha demostrado aún neurotoxicidad retardada hasta el presente con ningún carbamato.

4.1.5.- Piretrinas y Piretroides





Las piretrinas son sustancias sintetizadas a partir de la flor de una planta del género de los *Chrysanthemum*, Su nombre es *Chrysanthemum cinerariifolium*. Los activos son ésteres orgánicos formados por la combinación de dos ácidos carbóxicos y tres alcoholes. Actúan sobre el sistema nervioso. Algunos de ellos son sustancias estrógenos ambientales, por tanto, interfieren los procesos hormonales de animales y personas. No se acumulan en el organismo y no persisten en el ambiente.

La piretrina natural posee una única combinación de propiedades que la convierte en el insecticida de mejores cualidades respecto de los insecticidas disponibles actualmente.

Los piretroides son insecticidas sintéticos, con una estructura química similar a la de las piretrinas, modificada para mejorar su estabilidad en el ambiente. Se disuelven mejor en el agua y, al igual que las piretrinas, son hidrolizados por los álcalis.

Los productos comerciales a base de piretrinas y piretroides generalmente utilizan derivados del petróleo como disolvente. Además algunos contienen compuestos organofosforados o carbamatos y otras sustancias que actúan como sinergistas, con el fin de mejorar su efecto insecticida.

4.1.6.- Organo Bromado

Compuesto fumigante, tóxico de alto riesgo que se absorbe por la piel, capaz de penetrar los equipos protectores de goma de los trabajadores. El principio activo corresponde al Bromuro de Metilo.

4.1.7.- Ácidos Fenoxiacéticos

Poseen dioxinas, sustancias extremadamente tóxicas aún en ínfimas cantidades. Se usan como herbicidas.

4.1.8.- Bipiridilos

Los bipiridilos son herbicidas sólidos, insípidos e inodoros y muy solubles en agua. Son compuestos de amonios cuaternarios (Fig. 4), muy peligrosos y tóxicos. Si se ingieren por vía oral, producen fibrosis pulmonar irreversible. También dañan el pulmón si son absorbidos por la piel.

Dentro de este grupo se consideran el paraquat y el diquat. En su forma líquida, el paraquat se utiliza como herbicida de contacto para destruir





las partes verdes de las plantas en presencia de la luz solar. El uso más frecuente del diquat es como herbicida acuático.

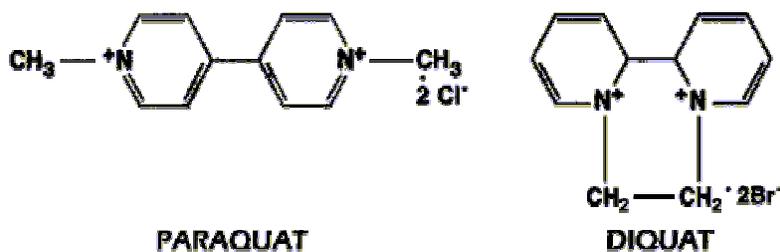


Figura 4.- Estructura química de bipyridilos.

4.1.9.- Fosfaminas

Los sinónimos de la fosfamina son: fosfina, fósforo de hidrógeno e hidrógeno fosforado. Sus nombres comerciales incluyen Phostoxin, Gastón, Detia, Gas XT, Fumitoxín y otros. La fosfamina es un gas muy tóxico, no sólo para los insectos, sino también para los hombres y animales. Una concentración de 2.8. mg por litro de aire es mortal para el hombre. Las concentraciones menores de 2.8 mg por litro de aires son también peligrosas porque causan efectos secundarios que afectan las partes internas del cuerpo causando, por ejemplo, defectos en la coordinación del movimiento.

Se utilizan como fumigantes y roenticidas. Ej. El Fosfuro de calcio, de magnesio, de aluminio.

4.1.10.- Fenoles halogenados

Como sugiere el propio nombre, los fenoles halogenados incluyen compuestos en los que uno o más átomos de hidrógeno en la molécula del fenol, están reemplazados por un átomo de halógeno, por lo general cloro o bromo. La halogenación de la molécula altera significativamente las propiedades fenólicas.

Estas sustancias son menos solubles, menos corrosivas y menos tóxicas que el correspondiente fenol, son menos eficaces en presencia de materia orgánica.

Los fenoles halogenados se formulan generalmente disolviéndolos en aceite de pino u otros hidrocarburos terpénicos e incluso en alcoholes, emulsificando luego la solución resultante con un jabón líquido. Estos principios activos pueden ser formulados con algunos detergentes aniónicos, pero la mayoría de estos, al igual que los catiónicos o no-iónicos, reducen su actividad.





También existen plaguicidas arsenicales, mercuriales, derivados del ácido phtalamídico, nitritos derivados, amidas, cumarínicos, etc.

4.1.11.- propiedades físicas y químicas de los plaguicidas

Las propiedades físicas y químicas de los plaguicidas causantes de su comportamiento ambiental pueden favorecer la exposición de un ecosistema. Por ejemplo, su Solubilidad en agua, su coeficiente de partición lípido/agua, su presión de vapor, si se disocian o ionizan, su degradabilidad.

Tabla 1.-Implicaciones de las Propiedades Físico-químicas de los Plaguicidas.

Propiedades	Implicaciones
Solubilidad en agua	Los plaguicidas con solubilidad acuosa mayor a 500 mg/l son muy móviles en los suelos y otros elementos de los ecosistemas. Su mayor concentración se encuentra en ecosistemas acuáticos. Los que tienen solubilidad mayor a 25 mg/l (como ocurre en general con los organofosforados) no son persistentes en los organismos vivos y los que tienen solubilidad menor (como los organoclorados) tienden a inmovilizarse en suelos y concentrarse en los organismos vivos.
Coeficiente de partición lípido/	Este coeficiente de manera indirecta proporciona información sobre la solubilización y distribución de un plaguicida en un organismo vivo. Plaguicidas con un coeficiente mayor a uno (como el aldrín y el DDT) son liposolubles y se infiere que se absorben fácilmente a través de las membranas biológicas y se acumulan en tejido graso.
Presión de vapor	Los plaguicidas con presión de vapor mayor a 10-3 mm de Hg a 25°C son muy volátiles, tienen gran movilidad y se dispersan hacia la atmósfera; los que tienen presiones entre 10-4 y 10-6 mm de Hg a 25°C, son menos móviles; y los no volátiles, que son más persistentes en suelos y agua, presentan presiones de vapor menores a 10-7 (como los herbicidas del grupo de las triazinas).
Disociación y ionización	Las sustancias al solubilizarse pueden o no disociarse; las que no se disocian son sustancias no iónicas sin carga y las que si lo hacen son iónicas y pueden tener carga positiva (catiónicas) o negativa (aniónicas). Los





	plaguicidas aniónicos (como los fenoxiacéticos) y los no iónicos son móviles en los suelos en tanto que los catiónicos se adsorben inmovilizándose en ellos (como el paraquat).
Degradabilidad	Esta propiedad (que puede manifestarse por acción química, de la luz o de microorganismos), informa sobre la posibilidad de que un plaguicida se descomponga y disminuya su actividad (como sucede con el malatión, paratión y piretrinas).

Junto con el empleo de pesticidas el hombre ha utilizado el recurso agua como fuente de regadío y subsistencia. En sus diversos usos, el agua funciona por lo general como medio de transporte. Sus propiedades especiales de disolvente la hacen muy útil como medio de transportación en los procesos bioquímicos y químicos, así como en los mecanismos de limpieza (Strobbe, 1973).

La capacidad del plaguicida para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido, por un período limitado después de su emisión, se conoce como persistencia.

Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interacción con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. Si su vida media y su persistencia es mayor a la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota.

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo con su periodo de persistencia en:

Ligeramente persistentes (menos de cuatro semanas), poco persistentes (de cuatro a 26 semanas), moderadamente persistentes (de 26 a 52 semanas), altamente persistentes (más de un año y menos de 20) y permanentes (más de 20 años).

4.1.12.- Toxicidad de los plaguicidas

Tabla 2.-Efectos a largo plazo de plaguicidas
(Al menos tres veces entre seis y veinticuatro meses).

Neurológicos	Neurotoxicidad retardada	Ciertos organofosforados como leptofós y carbamatos como carbaril
	Cambios de	Algunos insecticidas organofosforados



Generalidades



	conducta Lesiones del S.N.C. Neuritis Periférica	Insecticidas organoclorados y organofosforados; fungicidas mercuriales Herbicidas clorfenoxi, piretroides y algunos insecticidas organofosforados
Reproductivos	Esterilidad en hombre Disminución del índice de fertilidad	Dibromocloropropano (DBCP) Captán (en animales y posiblemente en hombres) Agente Naranja (2,4-D + 2,4,5-T).
Cutáneos	Dermatitis de contacto: Reacción alérgica: Reacciones Fotoalérgicas Cloracné: Porfiria Cutánea Tardía	Paraquat; Captafol; 2,4-D, Mancozeb. Barbán, benomyl, DDT, lindano, zineb, malatión. HCB, benomyl, zineb HCB, pentaclorofenol, 2,4,5-T por contaminación con policloro, dibenzodioxinas y dibenzofuranos HCB
Cáncer	Carcinógenos humanos: Probablemente Carcinógenos Humanos:	Compuestos arsenicales y aceites minerales Dibromuro de etileno, oxido de etileno, clordecona, clorofenoles, derivados del ácido fenoxiacético, DDT, mirex, toxafeno, 1,3 dicloropropano, hexaclorobenceno, hexaclorociclohexano, nitrofen, ortofenilato de sodio, sulfalato y toxafeno.
Oftalmológicos	Formación de cataratas Atrofia de nervio óptico Alteraciones de mácula	Diquat Bromuro de Metilo Fentión
Mutagénicos	Suficiente evidencia de actividad mutagénica	Dibromuro de etileno
Respiratorios	Neumonitis y fibrosis pulmonar	Paraquat
Inmunológicos		Dicofol, compuestos organoestánicos y triclorfón
Teratogénicos		Carbaril, captán, folpet, difolatán, pentacloronitrobenceno, paraquat, maneb, ziram, zineb y benomyl.
Hepáticos	Lesiones hepáticas	DDT, mirex, kepona, pentaclorofenol y compuestos arsenicales.
Urinarios	Cistitis Hemorrágica	Clordimeform

Fuente: Plaguicidas y Salud en Las Américas, OPS/OMS. 1993.





Tabla 3.-Plaguicidas no recomendados por ser extremada o altamente tóxicos, según la clasificación de toxicidad aguda de la OMS.

CLASE 1 A DE LA OMS (EXTREMADAMENTE TÓXICO)	CLASE 1 B DE LA OMS (ALTAMENTE TOXICO)	
Aldicarb	Aldoxicarb	Methiltriaothion
Óxido de arsénico	Aldrín	Monocrotophos
Brodifacum	Allyl alcohol	MPP
Bromadialone	Aminocarb	Nicotine
Bromethalin	Antu	Nitrilacarb
Cianuro de calcio	Azinphos ethyl	Omethoate
Captafol	Azinphos methyl	Oxamyl
Clorfenvinfos	Benfuracarb	Oxidometom-methyl
Clormefos	Bis (tributyltin) oxide	Oxideporfós
Clorfacinone	Blasticidin S	Paris green
Clortiofós	Bromophos ethyl	Pentachlorphenol
Coumafós	Butocarboxim	Penylmercury
Crimidine	Cadusafos	Nitrate
CVP	Calcium arsenate	Pirimiphos ethyl
Cicloheximide	Carbofuran	Propaphos
DBCP	Carbophenotion	Propetaphos
Demefión O y S	3-chloro-1,2´propanediol	Sodium arsenite
Demetón O y S	chloetocarb	Sodium cyanite
Difenacum	coumachlor	Strychnine
Difetialone	coumatetralyl	TBYO
Difolatan	crotoxiphos	Tefluthrin
Dimefox	DDVF	Thallium sulfate
Difacinone	DDVP	Thiofanox
Disulfoton	Delnav	Thiomethon
EPN	Demeton-S-methyl	Thioxamil
Etoprop	Demeton-S-methylsulphon	Triamiphos
Etoprofós	Dichlorvos	Triazophos
Etiltiometón	Dicrotophos	Triazothion
Fanamifós	Dieldrin	Vamidothion
Fensulfotiún	Dimetilan	Warfarin
Flocoumafén	Dinoseb	Zinc phosphide
Fonofós	Dinoseb acetate	
Fosthietán	Dinoterb	
Hexaclorobenceno	Dioxathion	Efectos crónicos y ambientales
Leptrofós	DMTP	
M74	DNBP	Butachlor
Mbcp	DNBPA	Camphechlor
Mefosfolán	DNOC	Toxaphene
Cloruro de mercurio	EDDP	Captán
Merkaptofós	Edifenphos	Chordane y heptachlor
Metafós	Endrin	Chlordimeform
Mevinfós	ESP	DDT
Paratiún	Famphur	Dimethoate
Metilparatiún	Fenthion	Dinoseb
Fenilmercurio acetato	Flucytrynate	EDB
Phorate	Fluoracetamide	Ethylene bis
Phosfolan	Formetanate	dithiocarbamates





Generalidades

Phosfamidón Prothoate Red squill Schradan Scilliroside Sodium fluoroacetate Sulfotep TEPP Terbufós Tiophós Thionazin Timet Tricloronat	Fosmethilan Furathiocarb Heptenophos Isazophos Isophenfos Isothioate Isoxathion Arsenato de plomo Mecarbam Oxido de mercurio Metamidophos Methidathion Methomyl Methyl-merkpto-phosteolovy Methyl-merkpto-phosoksid	(mancozeb, maneb, zineb, etc) haloxifop-ethoxyethyl HCH BHC Lindano Mirex Nuarimol Prothiophos
--	---	---

4.1.13.- Situación de los Plaguicidas en México

En México se usa el 60% de los 22 plaguicidas como perjudiciales para la salud y el medio ambiente. De ellos el 42% se fabrican en el país. De 90 plaguicidas que han sido cancelados o restringido en los Estados Unidos, 30 se usan en México (INEGI, 1992).

El Catálogo Oficial de Plaguicidas publicado por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest), contiene la lista y las especificaciones de uso de los plaguicidas autorizados y su categoría toxicológica (SEMARNAP, 1999).

Tabla 4.-Plaguicidas prohibidos en México, conforme al DOF 3 de Enero 1991.

Triamifos Mercurio Ácido 2,4,5-T Aldrín Cianofos Cloranil Nitrofen Paratión etílico Fluoroacetato de sodio (1080)	Erbon Formotión Scradan Fumisel Kepone/Clordecone Mirex HCH Toxafeno Acetato o propionato de fenil	DBCP Dialiafor Dieldrín Dinoseb Endrín Monuron EPN Sulfato de talio
---	--	--

Los siguientes plaguicidas sólo podrán ser adquiridos en las comercializadoras mediante la presentación de una recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el





Generalidades

Gobierno Federal. Su manejo y aplicación se efectuaran bajo la responsabilidad y supervisión del técnico autorizado que los haya recomendado.

Tabla 5-.Plaguicidas restringidos en México.

1, 3 Dicloropropeno	Fosfuro de aluminio	Alaclor
Aldicarb	Isotiocianato de metilo	Aldicarb
Lindano	Bromuro de metilo	Metam sodio
Clordano	Metoxicloro	Paraquat
Cloropicrina	Mevinfos	Dicofol
Forato	Pentaclorofenol	Clorotalonil
Pentaclorofenol	Clorotalonil	Quintozeno
Metamidofos		

Tabla 6.-Plaguicidas prohibidos en otros países y autorizados en México.

Alaclor	Metidación	Aldicarb
Metamidofos	Metoxicloro	Captafol
Azinfos Metílico	Mevinfos	Carbarilo
Monocrotofos	Ometoato	Clordano
Captan	DDT	Dicofol
Oxyfluorfen	Paraquat	Endosulfán
Paratión Metílico	Diurón	Pentaclorofenol
Quintoceno	Forato	Sulprofos
Fosfamidón	Triazofos	Kadetrina
Tridemorf	Linuron	Vamidothion
Maneb	2,4-D	

Tabla 7.-Normas Oficiales Mexicanas referentes a los Plaguicidas.

Tipo de Norma	Norma Oficial Mexicana
Toma de muestra	NOM-AA-105-1988. Plaguicida determinación de residuos en suelo- Método de toma de muestras.
	NOM-AA-014 "Cuerpos receptores.- Muestreo".
	NOM-AA-003 "Aguas residuales.- Muestreo".
Ecológicas	NOM-090-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño y construcción de los receptores de agroquímicos.
	NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
Sanitarias	NOM-044-SSA1-1993, que establece los requisitos para contener plaguicidas. Envase y embalaje.
	NOM-045-SSA1-1993, que establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de





	jardinería, urbano e industrial.
	NOM-046-SSA1-1993, que establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso domestico.
	Proyecto de NOM-058-SSA1-1993, por la que establecen los requisitos sanitarios para los establecimientos que fabrican y formulan plaguicidas y fertilizantes y que procesan sustancias tóxicas o peligrosas.
	Proyecto de NOM-043-SSA1-1993, relativa al almacenamiento de plaguicidas.
	NOM-K-370 "Plaguicidas.- Clasificación toxicóloga".
Fitosanitarias	NOM-032-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico.
	NOM-033-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas y morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
	NOM-034-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas y morales interesadas en la fabricación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas.
	NOM-050-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para efectuar ensayos en campo para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas.
	Proyecto de NOM-051-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario.
	NOM-053-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para realizar la difusión de la publicidad de insumos fitosanitarios.
	NOM-057-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.
Higiene y seguridad Industrial	NOM-005-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
	NOM-006-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.
	NOM-009-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.
	NOM-010-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan,





	almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
Transporte	NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
	NOM-003-SCT2-1994. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
	NOM-004-SCT2-1994. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
	NOM-005-SCT2-1994. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
	NOM-006-SCT2-1994. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
	NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
	NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
	NOM-011-SCT2-1994. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
	NOM-019-SCT2-1994. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
	NOM-028-SCT2-1994. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.
	NOM-043-SCT2-1995. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

4.2.- Hidrocarburos

4.2.1.- Definición

Son los compuestos orgánicos más simples constituidos predominantemente por moléculas de carbono e hidrógeno y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Los hidrocarburos se clasifican en dos grupos principales, de cadena abierta (alifáticos) y cíclicos (aromáticos). En los compuestos de cadena abierta que contienen más de un átomo de carbono, los átomos de carbono están unidos entre sí formando una cadena lineal que puede tener una o más ramificaciones. En los compuestos cíclicos, los átomos de carbono forman uno o más anillos cerrados.





Los hidrocarburos aromáticos o cíclicos son derivados del benceno. El benceno se caracteriza por una inusual estabilidad, que le viene dada por la particular disposición de los dobles enlaces conjugados.

Químicamente, los hidrocarburos aromáticos son por regla general bastante inertes a la sustitución electrófila y a la hidrogenación, reacciones que deben llevarse a cabo con ayuda de catalizadores.

4.2.2.- Alcanos

Los hidrocarburos saturados de cadena abierta forman un grupo homólogo denominado alcanos o parafinas. Los primeros cuatro miembros del grupo son gases a presión y temperatura ambiente; los miembros intermedios son líquidos, y los miembros más pesados son semisólidos o sólidos. El petróleo contiene una gran variedad de hidrocarburos saturados, y los productos del petróleo como la gasolina, el aceite combustible, los aceites lubricantes y la parafina consisten principalmente en mezclas de estos hidrocarburos que varían de los líquidos más ligeros a los sólidos.

4.2.3.-Alquenos

El grupo de los alquenos u olefinas está formado por hidrocarburos de cadena abierta en los que existe un doble enlace entre dos átomos de carbono. Al igual que los alcanos, los miembros más bajos son gases, los compuestos intermedios son líquidos y los más altos son sólidos. Los compuestos del grupo de los alquenos son más reactivos químicamente que los compuestos saturados.

4.2.4.- Alquinos

Los miembros del grupo de los alquinos contienen un triple enlace entre dos átomos de carbono de la molécula. Son muy activos químicamente y no se presentan libres en la naturaleza.

Todos los tipos de petróleo se componen de hidrocarburos, aunque también suelen contener unos pocos compuestos de azufre y de oxígeno. El petróleo contiene elementos gaseosos, líquidos y sólidos. La consistencia varía desde un líquido tan poco viscoso como la gasolina hasta un líquido tan espeso que apenas fluye.

Existen categorías de petróleos crudos los de tipo parafínico, los de tipo asfáltico y los de base mixta.





La composición porcentual de los componentes principales varía de acuerdo al origen de los hidrocarburos. Por ejemplo, un crudo típico de peso moderado (Prudhoe Bay en Alaska, peso API de 27.8), presenta una composición (en base al volumen) de: 27% parafinas, 37% naftenos, 25% compuestos aromáticos, y 11% otros compuestos.

4.2.5.- Petróleo

El petróleo se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos. Los restos de animales minúsculos que viven en el mar se mezclan con las arenas y limos que caen al fondo en las cuencas marinas tranquilas. Estos depósitos, ricos en materiales orgánicos, se convierten en rocas generadoras de crudo. El proceso comenzó hace muchos millones de años, cuando surgieron los organismos vivos en grandes cantidades, y continúa hasta el presente. Los sedimentos se van haciendo más espesos y se hunden en el suelo marino bajo su propio peso. A medida que van acumulándose depósitos adicionales, la presión sobre los situados más abajo se multiplica por varios miles, y la temperatura aumenta en varios cientos de grados. El cieno y la arena se endurecen y se convierten en esquistos y arenisca; los carbonatos precipitados y los restos de caparazones se convierten en caliza, y los tejidos blandos de los organismos muertos se transforman en petróleo y gas natural.

Una vez formado el petróleo, éste fluye hacia arriba a través de la corteza terrestre porque su densidad es menor que la de las salmueras que saturan los intersticios de los esquistos, arenas y rocas de carbonato que constituyen dicha corteza. El petróleo y el gas natural ascienden a través de los poros microscópicos de los sedimentos situados por encima. Con frecuencia acaban encontrando un esquisto impermeable o una capa de roca densa: el petróleo queda atrapado, formando un depósito. Sin embargo, una parte significativa del petróleo no se topa con rocas impermeables sino que brota en la superficie terrestre o en el fondo del océano. Entre los depósitos superficiales también figuran los lagos bituminosos y las filtraciones de gas natural.

El Golfo de México es una de las cuencas de hidrocarburos más grandes del mundo, con una producción superior a las 400 000 toneladas métricas por día y sujeta a un intenso tráfico de buques petroleros que movilizan más de 5 millones de barriles diarios. Los buques arrojan al





mar aproximadamente 7 millones de barriles al año por el lavado de sus tanques.

4.2.6.- Derrames de Hidrocarburos

4.2.5.1.- Fuentes

Debido a los grandes volúmenes de hidrocarburos que se manejan, los accidentes de contaminación tanto en tierra como en los cuerpos de agua resultan inevitables. Estos derrames pueden provenir de dos fuentes:

Terrestres

- Ruptura de ductos.
- Descontrol de plantas industriales.
- Evacuación de residuos oleosos.

Marinas

- Buque tanque (lavado y limpieza de tanques, carga y descarga, colisiones).
- Pozos mar adentro (ruptura de ductos, descontrol de producción).

4.2.5.2 Efectos ambientales

Comportamiento en el ambiente (intemperización)

Un derrame de petróleo lleva consigo una serie de cambios progresivos de sus propiedades físico-químicas los cuales se atribuyen al proceso de intemperización, el cual incluye: evaporación, disolución, dispersión, oxidación, emulsificación, sedimentación y biodegradación.

La intemperización es la pérdida de ciertos componentes del petróleo a través de una serie de procesos naturales que comienzan una vez que ocurre el derrame y continúan indefinidamente. La tasa de intemperización del petróleo varía en función de las características del producto derramado y de las condiciones climáticas existentes en el lugar del derrame.

Evaporación





Generalidades

Este proceso afecta la composición del producto derramado: aumenta su densidad y viscosidad y decrece su solubilidad en el agua, reduciendo así el nivel de toxicidad del producto.

En la medida que los compuestos más volátiles se evaporan, el petróleo se hace más pesado y puede llegar a hundirse. A las 24 horas casi el 40% del petróleo se ha evaporado.

Estos porcentajes van variando de acuerdo al grado de viscosidad del hidrocarburo, por lo que el proceso de evaporación juega un papel muy importante en los derrames, en especial cuando se trata de gasolinas o crudos livianos.

La evaporación de los hidrocarburos es uno de los factores principales para determinar el destino final del derrame. Durante las primeras 24 horas la evaporación es responsable por la pérdida de los hidrocarburos de tamaño C6 a C13 (alcanos de 6 a 13 carbonos) dependiendo del tipo de hidrocarburo, aproximadamente 25-50% de los hidrocarburos derramados pueden llegar a evaporarse.

Disolución

Este proceso, también llamado solución es aquel por el cual las fracciones ligeras de los hidrocarburos y componentes polares, se disuelven en el volumen de la columna de agua y en los alrededores del derrame. La cantidad de disolución depende de la composición, tasa de esparcimiento, temperatura del agua, turbulencia y grado de dispersión.

Aunque el proceso comienza inmediatamente, es de largo plazo y continúa durante todo el proceso de degradación del hidrocarburo. Es de notar que los compuestos más ligeros son los más solubles en el agua y por lo tanto se convierten en los más tóxicos, por lo que es muy importante calcular su concentración, para estimar los posibles efectos tóxicos.

La disolución tiene efectos mínimos, y se acelera utilizando catalizadores (fertilizantes como nutrientes para las bacterias: nitratos y fosfatos).

La posibilidad de toxicidad a la fauna acuática principalmente es causada por este proceso. Muchos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) sustancias de reconocida toxicidad, forman parte de la fracción disuelta.

Oxidación





Generalidades

Es la combinación química de hidrocarburos con el oxígeno atmosférico y contribuye a la descomposición o degradación final del petróleo. Cuanto más área expuesta exista, mayor será la oxidación y mayor la velocidad de degradación. Este proceso es lento puesto que sólo una pequeña cantidad de oxígeno puede penetrar en una mancha de petróleo.

La radiación ultravioleta solar produce la oxidación fotoquímica que puede implicar una degradación diaria del 1% del derrame, dependiendo de la intensidad de la radiación solar.

Emulsificación

Este es el proceso por el cual un líquido se dispersa en otro líquido en forma de pequeñas gotitas, es decir como suspensión. En el caso del petróleo existen 2 tipos:

Petróleo en agua: Pueden ser fácilmente dispersas por las corrientes y la agitación superficial. La formación natural de estas emulsiones resulta muy positiva debido a que acelera los procesos de disolución, foto-oxidación y biodegradación. Precisamente esto es lo que se pretende al aplicar dispersantes a un derrame.

Agua en petróleo: se forma cuando se mezcla agua con petróleo viscoso o asfáltico por acción de las olas. Es muy estable y puede durar meses o años.

Las emulsiones que contienen de 30% a 50% de agua, tienden a fluir como el petróleo, mientras que las que contienen del 50% al 80% son las más comunes, tienen color café y la consistencia de la grasa. Se les denomina como "Mousse de chocolate" y solo se forman en fuerte oleaje y petróleo de alta viscosidad y alta gravedad específica. La degradación de este tipo de emulsión es muy lenta y solo puede ser acelerada por la presencia de cierto tipo de bacterias dentro de la emulsión.

Sedimentación

Puede suceder por dos mecanismos: el primero se define en la medida que el hidrocarburo se intemperiza resultando en un incremento de su densidad respecto al agua circundante y por consiguiente se hunde. El segundo ocurre por la adhesión de las partículas suspendidas en la columna de agua al petróleo. El aumento de la densidad de petróleo por evaporación es sólo efectivo en mar abierto, donde la densidad del crudo sea muy cercana a la del agua de mar.





Generalidades

Los hidrocarburos pesados pueden permanecer dispersos en la columna de agua, pero últimamente se sedimentan al fondo incorporándose con los sedimentos marinos. Esta parte del derrame representa una fuente de contaminación potencial de larga duración. Los hidrocarburos que alcanzan las playas se mezclan con la arena, o pueden retornar nuevamente al mar por la acción dinámica de las olas y depositarse en el fondo. Estas fracciones de hidrocarburos por lo general tienen baja toxicidad pero pueden ocasionar efectos físicos, tales como cubrir y ensuciar las aves y otras formas de vida marina. Los hidrocarburos que permanecen en las playas también afectan la utilización de las mismas como zonas de recreación.

Biodegradación

Este es el proceso por el cual la mancha desaparece del medio ambiente. Ciertas especies de bacterias marinas, hongos y otros organismos utilizan los hidrocarburos como fuente de alimento. Es un proceso natural y muy lento debido al agotamiento continuo de oxígeno, a la formación de emulsiones de agua en petróleo (mousse), etc.

La tasa de biodegradación depende del contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto, salinidad, área superficial del derrame y de la composición y tamaño de la población microbiana.

Los procesos de biodegradación últimamente oxidarán los hidrocarburos remanentes. Este proceso en general es lento y por lo tanto no del todo eficaz en eliminar los hidrocarburos pesados. Consecuentemente, la parte del derrame que no se disipa, elimina o trata artificialmente puede permanecer en el ambiente por muchos años.

Consecuencias sobre el ambiente

Un derrame o descarga de hidrocarburo afecta básicamente a tres elementos del ambiente, los cuales son:

Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, etc.).

Elementos bióticos (flora y fauna).

Elementos socioeconómicos (actividades humanas, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes, de recreación, de turismo, etc.).

Elementos abióticos

Sobre el suelo





Generalidades

El petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:

En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).

En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.

En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.

Sobre formaciones del relieve

El petróleo por gravedad, se acumulará en las cuencas, por ejemplo, en el fondo de una quebrada, y tenderá a no permanecer en elevaciones como las lomas o cerros. Asimismo el petróleo afectará más a un lago que a un desierto. En zonas costeras el crudo permanecerá por más tiempo en bahías que en playas abiertas.

Elementos bióticos

Sobre la flora

El petróleo se adhiere a las hojas y tallos de las plantas impidiendo el vital intercambio gaseoso (respiración y fotosíntesis) y la captación de energía solar. En el suelo, el petróleo satura los espacios aéreos desplazando al oxígeno necesario para la vida de las raíces. Además, algunos compuestos del crudo, como los hidrocarburos aromáticos son tóxicos directamente para las plantas al encontrarse en exceso, situación que se produce en un derrame. En los cuerpos de agua el crudo impide la fotosíntesis de las algas del fitoplancton al formar una barrera opaca que impide el ingreso de los rayos solares en el agua, hecho que produce la muerte de estos organismos.

Sobre la fauna





Toxicidad de los hidrocarburos

La toxicidad de los hidrocarburos a la vida marina se presenta por dos vías:

- 1) ingestión o inhalación directa lo cual ocasiona efectos tóxicos agudos o crónicos,
- 2) recubrimiento físico directo de los organismos.

La toxicidad de la mezcla de hidrocarburos típicamente aumenta en función del contenido de compuestos aromáticos y los naftenos.

Los peces y otros organismos subacuáticos son las más susceptibles a los componentes tóxicos de los hidrocarburos.

Debido a su naturaleza lipofílica muchos de los componentes de los hidrocarburos pueden ser bioacumulados por los organismos marinos (es decir que se almacenan en los tejidos del organismo). Cuando la exposición ocurre a bajas concentraciones los hidrocarburos acumulados pueden ser metabolizados y/o depurados a través de los mecanismos fisiológicos de los organismos. El proceso bioacumulativo puede resultar en peces y moluscos de valor comercial con alto nivel de contaminación no apto para el consumo humano aunque el ambiente mismo no presente alto grado de contaminación. En el caso de concentraciones ambientales altas de hidrocarburos los efectos sobre los organismos son de tipo agudo o subagudo.

Según Anderson et al (1974) los componentes de hidrocarburos de mayor toxicidad incluyen los naftenos. Los naftenos son una subclase de los compuestos aromáticos generalmente encontrados en alta concentración en los hidrocarburos. Son compuestos aromáticos policíclicos (PAH) que se caracterizan por ser ligeramente solubles en agua y por lo tanto tóxicos a la vida marina en concentraciones de partes por mil millones.

Efectos de recubrimiento o ensuciamiento con hidrocarburos

Los organismos litorales resultan más vulnerables a los efectos físicos del derrame (recubrimiento) que a la toxicidad aguda. Las aves, los mamíferos marinos (lobos marinos, ballenas y delfines), y las tortugas típicamente resultan afectadas de esta manera.





Generalidades

La sensibilidad es especialmente alta cuando un derrame ocurre en zonas de reproducción o criaderos de aves o mamíferos marinos; playas y costas usadas para la alimentación; y zonas de congregación. Estas actividades son estacionales. Por lo cual es de importancia distinguir y determinar la temporada de presencia y/o anidamiento de especies migratorias y residentes.

El recubrimiento ocurre cuando las aves se zambullen durante las actividades de alimentación, o cuando mamíferos marinos emergen a la superficie del agua para respirar. Durante la temporada reproductiva es posible que aves con plumas contaminadas con hidrocarburos afecten a las crías o a los huevos cuando regresen recubiertos al nido desde zonas afectadas por el derrame. El petróleo al pegarse a las plumas o pelos, impide que éstos cumplan sus funciones naturales, de forma tal que el pelaje y el plumaje pierden su capacidad de aislantes térmicos y de aislantes del agua hecho que para animales acuáticos es mortal, pues pueden morir ahogados o por hipotermia (condición anormal que se produce cuando la temperatura corporal baja a valores menores que los mínimos vitales por pérdida de calor).

En los mamíferos marinos los hidrocarburos pueden causar irritación a las vías respiratorias, los ojos u otras membranas. El efecto no es necesariamente inmediato, pero el efecto subletal acumulativo es de aumentar la susceptibilidad a infecciones y a la disminución en la capacidad para conseguir alimento.

Al efecto de cubrimiento se puede agregar también el efecto toxico ya que los animales manchados con petróleo se limpian el plumaje o pelaje lamiéndoselos, llegando a intoxicarse con el hidrocarburo, con consecuencias tóxicas para el sistema nervioso.

Los elementos bióticos de los ecosistemas marinos pueden dividirse en términos generales, en siete clases de organismos fitoplancton, zooplancton, fitobenton, zoobenton, peces, animales de sangre caliente y microorganismos.

Estos organismos se clasifican de acuerdo a la función que desempeñan en la cadena alimenticia es decir, de acuerdo a sus respectivos nichos ecológicos, así por ejemplo, los peces pueden ser bénticos (si viven cerca del fondo) o pelágicos (si cumplen sus funciones en la columna de agua cercanas a la superficie).





Generalidades

Para describir mejor los efectos biológicos, se examinan a continuación los diferentes grupos de organismos que son las víctimas potenciales de hidrocarburos derramados en el ambiente marino.

Fitoplancton, fitobenton, plantas y algas

El fitoplancton, es el conjunto de algas microscópicas, y otros organismos que abundan en el mar, es el soporte nutritivo inicial de toda la vida marina. El fitobenton es el conjunto de algas que viven pegadas al fondo marino o a las rocas (existen a cualquier profundidad mientras se permita el ingreso de luz).

En el contexto de contaminación por derrames o descargas de hidrocarburos es importante distinguir entre plantas y algas de la zona de marea y otras zonas. En la zona de marea los estragos en el momento del accidente son generalmente muy grandes debido al embadurnamiento de las plantas sensibles (fijadas en el suelo) así mismo las plantas que crecen en las rocas mueren todas.

En los lugares donde las plantas enraizadas en el suelo, la parte vegetativa puede morir, pero en este caso una vez que el petróleo ha sido removido, el sistema radicular puede sostener un nuevo crecimiento de modo que la planta eventualmente puede rebrotar y la vegetación se restaura, esto ocurre por ejemplo en los lugares lodosos como los manglares.

Para el caso de algas flotantes como el fitoplancton no se han reportado efectos muy claros al respecto, esto se debe probablemente a la permanencia corta del fitoplancton en un lugar determinado debido a las corrientes y mares, además de su corto período de vida que puede asegurar una rápida restauración donde ha habido mortalidad. Esto, en el caso probable que haya ocurrido mortalidad en vista de la alta sensibilidad del fitoplancton observada en experimentos de laboratorio. Así la muerte del fitoplancton se produce con concentraciones de hidrocarburos entre 0,10 - 10mg/L durante período cortos de stress, mientras que se inhibe la división celular de estos microorganismos a muy bajas concentraciones.

Zooplancton

Grupo de organismos formado por animales microscópicos y por larvas de criaturas marinas. Las consideraciones tóxicas definidas para el fitoplancton son similares a las que se tienen para el zooplancton, pues





Generalidades

en el mar no se han encontrado efectos muy dañinos el petróleo sobre estos organismos, pero en pruebas de laboratorio si se ha observado una gran sensibilidad en algunas especies. Para un tiempo de exposición de 96 horas, la concentración letal de hidrocarburos para el fitoplancton puede ser hasta de 10mg/L.

Peces y Zoobenton

El zoobenton es el conjunto de animales marinos por lo general invertebrados, que viven en los fondos marinos y en las rocas mayoritariamente crustáceos (cangrejos), moluscos (caracoles) y equinodermos (estrella y erizos de mar).

Los efectos en los peces y el zoobenton pueden tener la forma de mortalidad aguda, mortalidad por stress, mortalidad crónica o disminución de la reproducción. En pequeños canales, la anoxia (falta de oxígeno) ocurre debido a que el intercambio de oxígeno entre los peces y el aire se ve impedido por la capa de petróleo. Puede ocurrir una mortalidad aguda debido al bloqueo de las branquias con gotas de petróleo lo cual provoca asfixia, por la ingestión del petróleo ambos efectos se producen cuando hay alta concentración de petróleo lo que ocurre muy raramente.

Elementos socioeconómicos

La utilización que el ser humano realiza de los diferentes lugares del paisaje para llevar a cabo sus diversas actividades determina la existencia de daños que el petróleo derramado puede producir al llegar a dichas zonas. Además de los perjuicios económicos y los efectos tóxicos que el petróleo derramado puede causar, es muy común que se produzca escándalo y se genere mala publicidad que, personas con conocimientos superficiales y con interés creados pueden utilizar para presionar a la Empresa Petrolera con el fin de obtener beneficios personales.

4.2.6.- Legislación

LGEEPA es el instrumento fundamental que introdujo la modificación en el régimen de las autorizaciones de obras o actividades "que pueden causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o de reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.





Generalidades

La protección de los elementos naturales quedan alineados en el ámbito general de La LGEEPA, por lo mismo, son aplicables sus instrumentos de control, la ordenación ecológica del territorio, la manifestación del impacto ambiental para obras y actividades, la adopción de medidas de protección en áreas naturales, a través del Instituto Nacional de Ecología (INE) y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), órganos desconcentrados de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, en la inspección, vigilancia y aplicación de medidas para la conservación y preservación del ambiente.

Tabla 8.-Límites permisibles para HAP's establecido por Canadá y los Países Bajos y Criterios de limpieza desarrollados por la PROFEPA. Suelo 1: Se refiere a uso agrícola. Suelo 2: De uso residencial/recreativo. Suelo 3: De uso industrial (PROFEPA, 1999).

Fuente	Parámetro	Suelo 1 (mgkg ⁻¹)	Suelo 2 (mgkg ⁻¹)	Suelo 3 (mgkg ⁻¹)	Agua (m gL ⁻¹)
Profepa	HTP	1000	1000	2000	---
	Benzo(a)pireno	0.08	0.08	0.75	---
	Benzo(a)antraceno	0.8	0.8	7.5	---
	Benzo(b)fluoranteno	0.8	0.8	7.5	---
	Benzo(k)fluoranteno	8.0	8.0	75	---
	Criseno	80	80	750	---
Canadá	Benzo(a)antraceno	0.1	1.0	10.0	0.01
	Benzo(a)pireno	0.1	1.0	10.0	0.01
	Benzo(a)fluoranteno	0.1	1.0	10.0	0.01
	Benzo(b)fluoranteno	0.1	1.0	10.0	---
	Dibenzo(a,h)antraceno	0.1	1.0	10.0	0.01
	Indeno(1,2,3 cd)pireno	0.1	1.0	10.0	0.01
	Naftaleno	0.1	5.0	50.0	0.1
	Fenantreno	0.1	5.0	50.0	0.2
	Pireno	0.1	10.0	100.0	0.2
	Países Bajos	Naftaleno		5	
Fenantreno			10		2.0
Antraceno			10		2.0
Fluoranteno			10		1.0
Criseno			5		0.5
Benzo(a)antraceno			5		0.5
Benzo(a)pireno			1		0.2
Benzo(k)fluoranteno			5		0.5
Indeno(1,2,3- c,d)pireno			5		0.5
Benzo(g,h,i)perileno			10		1.0
HPA total			20		10

Normatividad

Actualmente algunas de las normas que se encargan de regular lo concerniente a hidrocarburos o contaminantes generados por la industria petrolera son:

NOM-143-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociadas a hidrocarburos.





NOM-CCA-003-ECOL-1993, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la refinación de petróleo y petroquímica.

Tabla 9.-Límites máximos permisibles NOM-CCA-003-ECOL-1993.

Parámetros	Límites máximos permisibles	
	Promedio diario	Instantáneo
pH (unidades de pH)	6-9	6-9
Grasas y aceites (mg/L)	30	45
Demanda química de oxígeno (mg/L)	100	120
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	60	72
Sulfuros (mg/L)	0.2	0.4
Cromo hexavalente (mg/L)	0.05	0.075
Cromo total (mg/L)	1.0	1.2
Fenoles (mg/L)	0.5	0.75
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	70	85

NOM-052-ECOL-93, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.





5.- Área de estudio

EL área de estudio es una de las dos bocas de cerca de 3 km de ancho y un máximo de 5.4 m de profundidad que comunica permanentemente la Laguna de Términos con el golfo de México, el Sistema Lagunar de Términos, se encuentra en la porción sureste de la Bahía de Campeche. Es una de las zonas importantes debido a que se localiza en una zona donde se utilizan plaguicidas en forma continua y se encuentra a 80 km de las plataformas marinas de PEMEX. Su forma se asemeja a una elipse con su eje mayor de 70 km y uno menor de 30 km, con una profundidad máxima de 4.4 m cerca del centro (Mancilla y Vargas, 1980). El área aproximada es de 2500 km² y está separada del Golfo de México por la Isla del Carmen.



Figura 5.-Laguna de Términos.





Figura 6.- Puntos de muestreo.

La región presenta un clima tropical con lluvia principalmente de mayo a octubre. La precipitación media anual es de 1,378 mm y la temperatura media anual es de 27°C. Los vientos reinantes soplan del sureste; en invierno, sin embargo, ocurre a menudo los "nortes" que son vientos fuertes de duración corta relativamente (1 a 2 días).

El aporte de agua dulce a la laguna, se hace principalmente a través de 4 ríos, el río Candelaria, el río Chumpán, el río Palizada y la boca de la Laguna de Atasta.

El tipo de mareas es mixto diurno con una amplitud media de 0.4 m. La onda de marea penetra por ambas bocas produciéndose un encuentro de ambas ramas en el interior de la laguna (Grivel, 1969; Grivel y Arce, 1977).

Los desechos de las zonas ganaderas, así como las corrientes de aguas negras de las poblaciones ribereñas, constituyen una fuente potencial de contaminación orgánica.

Esta zona va desde el río Palizada, la boca de la Laguna de Atasta, el estero Pargo y la estación del Instituto de Ciencias del Mar en la Ciudad de Carmen. La vegetación que se encuentra en los márgenes del área de estudio es formada principalmente por mangle (*Rhizophora mangle*) y asociaciones de *Avicenia Germinans* y *Laguncularia Recemosa*, que aportan una gran cantidad de materia orgánica a la parte occidental de la laguna.



6.- Metodología

6.1.- Toma de muestras

Se realizaron dos muestreos.

Las muestras fueron recolectadas a bordo de una lancha con motor fuera de borda, y con la ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS) para conocer el punto exacto de muestreo.

Una vez en el punto de muestreo se ancla la lancha y se procede a tomar muestras de agua directo en la botella de vidrio para superficie y con la ayuda de un tubo Niskin para las muestras de fondo.

Para las muestras de sedimento se utiliza una draga la cual se lanza por la borda de la lancha para subir sedimento, el cual se coloca con una pala de madera o acero inoxidable en un frasco de vidrio lavado previamente y sellado con papel aluminio.

6.2.- Procedimiento

6.2.1.- Muestras de agua

En el laboratorio de fisicoquímica marina se analizaron las muestras, se colocó un embudo de separación de 2 L en un anillo metálico con soporte universal, debajo del embudo de separación colocar un matraz bola de fondo plano de 250 mL en el cual se recolectaran los extractos (fase orgánica).

Medir 1 L de agua con la ayuda de una probeta de 1 L y verterla en el embudo de separación de 2 L.

Una vez que la muestra esta contenida en el embudo de separación verificar el pH con un papel indicador de gama amplia y ajustar a $\text{pH} \geq 11$ adicionando hidróxido de sodio (NaOH) para hidrocarburos y ajustar a $\text{pH} = 7$ para plaguicidas agregando ácido sulfúrico 1 N.

Tapar el embudo de separación con su tapón de vidrio, quitarlo del anillo metálico y agitarlo durante 30 s para homogenizar la muestra.

Colocar nuevamente el embudo de separación en el anillo metálico, destapar y esperar un poco a que repose el agua dentro de este, verificar si el $\text{pH} \geq 11$, entonces realizar la primer extracción agregando





80 mL de cloruro de metileno en el interior del embudo de separación, colocar su tapón de vidrio, retirarlo del anillo metálico y agitarlo vigorosamente durante 2 minutos venteando periódicamente (para liberar la presión que se produce por la agitación), mediante la abertura de la llave del matraz de separación, colocando este en forma vertical quedando la llave en la parte superior.

Después de la agitación colocar nuevamente el embudo de separación en el anillo metálico, destapar y esperar 10 minutos a que se separen las fases (fase orgánica o extracto en la parte inferior y la fase acuosa en la parte superior), separadas las fases abrir la llave del embudo de separación, dejando que pase solo la fase orgánica la cual será recolectada en un matraz bola de fondo plano de 250 mL etiquetado previamente con los datos correspondientes a la muestra.

Habiendo quedado solo la fase acuosa en el embudo de separación se prosigue a realizar una segunda extracción a la misma muestra, agregando 60 mL de cloruro de metileno, seguir los mismos pasos que en la primera extracción.

Terminada la segunda extracción se realiza una tercera agregando nuevamente 60 mL de Cloruro de Metileno a la misma muestra y siguiendo los mismos pasos que en las extracciones anteriores.

Para evaporar la muestra, prender el sistema de enfriamiento y programar la temperatura de 6 a 10 °C, precalentar el baño térmico con agua destilada a una temperatura de 45 a 48 °C, embonar el matraz bola de fondo plano que contiene el extracto de la muestra al brazo del rotavapor y sumergir en el baño térmico, dar una rotación de 150 rpm a la muestra, cerrar la llave de vacío y prender la bomba de vacío a una Presión de 385 mmHg, esperar que el extracto alcance un volumen aproximado de 2 mL para poder apagar el vacío, retirar la muestra del baño y apagar la rotación(rpm); esperar a que el extracto purificado alcance la temperatura ambiente para retirar del rotavapor.

Etiquetar un vial de 2mL con los datos de la muestra procesada y análisis a realizar.

Con la ayuda de pipetas pasteur y teteros transferir el volumen a su vial de 2 mL.

Evaporar mediante gas nitrógeno inyectado por evaporadores con agujas de acero inoxidable.





Enjuagar con 5 mL de cloruro de metileno el matraz.

Trasvasar el solvente de enjuague a su vial de 2 mL e ir evaporando simultáneamente mediante gas nitrógeno inyectado por evaporadores con agujas de acero inoxidable hasta la sequedad total.

Tapar el vial de 2 mL con tapas de aluminio y septas de PTFE con ayuda de la engargoladora manual.

6.2.2.- Muestras de sedimento

Si la muestra de Sedimento se encuentra congelada, dejar a temperatura ambiente hasta descongelar, una vez descongelada vaciar toda la muestra en una charola de aluminio y mezclar con pala de madera hasta homogenizarla, realizar mediante cuarteos la toma de aproximadamente: 65g para arenas, 120g arcillas con alta humedad y 100g para lodos sin humedad, depositar el sedimento en una charola de aluminio (previamente etiquetada con los datos de la muestra), extendiéndolo en toda el área de la charola con la pala de madera o espátula hasta obtener el peso deseado; posteriormente colocar la charola con la muestra dentro de la cámara de secado precalentada a 40°C.

Dejar secar las muestras de Sedimento totalmente durante 36Hrs, cuando aparentemente las muestras estén secas voltear estas con la ayuda de una espátula para que en caso de estar húmedas continúe el secado, una vez secas se maceran con la ayuda de un mortero de porcelana o de un mortero de ágata, maceradas las muestras se pesan 50 g de cada una con la ayuda de una balanza analítica y se depositan en cartuchos de extracción de celulosa (colocados dentro de vasos de precipitados previamente etiquetados con los datos de las muestras), con ayuda de las pinzas de disección tomar el cartucho de extracción con cuidado y con golpes suaves empacar el sedimento, con las mismas pinzas de disección colocar un tapón de lana de vidrio en la superficie de la muestra para evitar perdidas de esta durante el proceso de extracción.

Por otra parte encender el baño recirculador, programando la temperatura de 6 a 10 °C para que funcione como sistema de enfriamiento.





Preparar en la campana de extracción 200 mL de mezcla de solventes Hexano: Cloruro de Metileno (1:1) utilizando una probeta de vidrio de 250 mL; por otra parte en un matraz bola de fondo plano con cuello esmerilado poner aproximadamente 7 perlas de ebullición y colocarle una etiqueta con los datos de la muestra de Sedimento que se va a extraer. Verter en este matraz los 200mL de la mezcla de solventes.

Para la extracción de cada una de las muestras, armar el equipo soxhlet de la siguiente manera:

- Depositar con la ayuda de las pinzas de disección el cartucho de extracción que con tiene el Sedimento a extraer en el interior del matraz condensador.
- Embonar el matraz condensador al matraz bola de fondo plano que contiene los 200 mL de la mezcla de solventes.
- Por ultimo embonar las dos piezas anteriores a uno de los refrigerantes localizados en la parte superior de las parrillas.

Armado el equipo de soxhlet colocarlo en uno de los platos precalentados para empezar el proceso de extracción. Asegurarse de que la temperatura del plato es la adecuada para que la mezcla de solventes cubra completamente el cartucho de extracción y que de alrededor de 8 ciclos por hora aproximadamente.

Vigilar que el sistema de refrigeración se mantenga en la temperatura programada para evitar perdidas de solvente.

Transcurridas las 8 horas de extracción apagar el plato de la parrilla de calentamiento con el controlador de temperatura y dejar que el sistema enfrié completamente antes de apagar el baño de enfriamiento.

Posteriormente inclinar (contrario al analista) lo suficiente el equipo soxhlet para obligar a que el solvente que aun contiene el matraz condensador recircule al matraz bola, dejar escurrir el cartucho de extracción para recuperar mas extracto y repetir el proceso anterior las veces necesarias.

Cuando el cartucho de extracción este prácticamente seco, desembonar del refrigerante el matraz condensador y con ayuda de las pinzas de disección sacar con cuidado el cartucho de extracción y desecharlo.

Enseguida desembonar el matraz bola del matraz condensador y verter el poco solvente que aun contiene el matraz condensador al matraz bola, colocarle a este una tapa de aluminio para prevenir contaminación.





Para evaporar el extracto se monta el sistema de evaporación o concentración que consta de: rotavapor, bomba de vacío, baño térmico y sistema de enfriamiento (recirculador con temperatura programada).

Prender el sistema de enfriamiento y programar la temperatura de 6 a 10 °C, precalentar el baño térmico con agua destilada a una temperatura de 45 a 48 °C, embonar el matraz bola de fondo plano que contiene el extracto de la muestra al brazo del rotavapor y sumergir en el baño térmico, dar una rotación de 150 rpm a la muestra, cerrar la llave de vacío y prender la bomba de vacío a una Presión de 385 mmHg, esperar que el extracto alcance un volumen aproximado de 5 mL para poder apagar el vacío, retirar la muestra del baño y apagar la rotación(rpm); esperar a que el extracto alcance la temperatura ambiente.

Una vez que el matraz bola con el extracto se encuentra a temperatura ambiente, retirarlo del brazo del rotavapor, colocarle una tapa de aluminio y realizar la purificación en columna cromatográfica.

Empacado de la columna cromatográfica.

Para hidrocarburos

- Medir 50 mL de hexano y verterlos a la columna.
- Pesar y adicionar 7.5 g de gel de sílice (activada a 200°C por 2h) y desactivada al 5 % con agua destilada, empacando mediante una vibración suave con la ayuda de una varilla de vidrio con punta recubierta.
- Pesar y adicionar 5 g de alúmina (activada a 200° C por 2h) y desactivada al 5 %, con agua destilada, empacando mediante una vibración suave con la ayuda de una varilla de vidrio con punta recubierta.
- Pesar y adicionar 1 g de sulfato de sodio anhidro (activado a 400° C por 4hrs), empacando mediante una vibración suave con la ayuda de una varilla de vidrio con punta recubierta.
- Pesar y adicionar cuidadosamente 10 g de cobre metálico granular (activado con ácido clorhídrico concentrado).

Para plaguicidas

- Medir 50 mL de hexano y verterlos a la columna.





- Pesar y adicionar 10 g de florisil (activada a 120°C por 12h) y desactivada al 0.5 % con agua destilada, empacando mediante una vibración suave con la ayuda de una varilla de vidrio con punta recubierta.
- Pesar y adicionar 1 g de sulfato de sodio anhidro (activado a 400° C por 4h), empacando mediante una vibración suave con la ayuda de una varilla de vidrio con punta recubierta.

Colocar un matraz bola o erlenmeyer debajo de la columna y abrir la llave para que fluya el hexano; cerrar cuando el menisco del hexano este en la parte superior del cobre, deséchese el eluato y proceda a purificar el extracto de Hidrocarburos proveniente de la extracción del soxhlet.

Verter el extracto en la columna cromatográfica procurando que este resbale por las paredes internas, enjuagar las paredes internas del matraz que contenía el extracto utilizando 5 mL de hexano con ayuda de una pipeta pasteur y verter a la columna.

La elusión del extracto se realiza de la siguiente manera para hidrocarburos:

- Dejar eluir el extracto y los enjuagues hasta que el menisco del hexano este en la parte superior del sulfato de sodio anhidro.
- Enseguida agregar 30 mL de hexano y dejarlos eluir hasta que el menisco este en la parte superior del cobre.
- A continuación agregar 30 mL de mezcla de solventes hexano/cloruro de metileno (90:10) y dejarlos eluir hasta que el menisco este en la parte superior del cobre.
- Por ultimo agregar 15 mL de cloruro de metileno y dejar eluir hasta la sequedad de la columna cromatográfica.

La elusión del extracto se realiza de la siguiente manera para plaguicidas:

- Dejar eluir el extracto y los enjuagues hasta que el menisco del hexano este en la parte superior del sulfato de sodio anhidro.
- Enseguida agregar 70 mL de hexano y dejarlos eluir hasta que el menisco este en la parte superior del cobre.
- A continuación agregar 50 mL de mezcla de solventes hexano/cloruro de metileno (70:30) y dejarlos eluir hasta que el menisco este en la parte superior del cobre.





- Por ultimo agregar 50 mL de cloruro de metileno y dejar eluir hasta la sequedad de la columna cromatográfica.

Para evaporar las fracciones purificadas de la muestra, prender el sistema de enfriamiento y programar la temperatura de 6 a 10 °C, precalentar el baño térmico con agua destilada a una temperatura de 45 a 48 °C, embonar uno de los matraces bola de fondo plano que contienen el extracto de la muestra purificada al brazo del rotavapor y sumergir en el baño térmico, dar una rotación de 150 rpm a la muestra, cerrar la llave de vacío y prender la bomba de vacío a una Presión de 385 mmHg, esperar que el extracto alcance un volumen aproximado de 2 mL para poder apagar el vacío, retirar la muestra del baño y apagar la rotación(rpm); esperar a que el extracto purificado alcance la temperatura ambiente para proseguir con la evaporación del segundo matraz bola.

Una vez que los matraces bola con las fracciones purificadas de la muestra se encuentran a temperatura ambiente, colocarles una tapa de aluminio y refrigerar a 4 °C de no ser posible su trasvaso a viales de 2 mL.

Etiquetar dos viales de 2mL con los datos de la muestra procesada, la fracción de que se trate y análisis a realizar.

Con la ayuda de pipetas pasteur y teteros transferir los volúmenes de las fracciones purificadas a su respectivo vial de 2 mL.

Evaporar las fracciones purificadas mediante gas nitrógeno inyectado por evaporadores con agujas de acero inoxidable.

Enjuagar con 5 mL de hexano el matraz que contenía la fracción alifática y con 5 mL de cloruro de metileno el matraz que contenía la fracción aromática.

Trasvasar los solventes de enjuague a su respectivo vial de 2 mL e ir evaporando simultáneamente mediante gas nitrógeno inyectado por evaporadores con agujas de acero inoxidable hasta la sequedad total.

Tapar los viales de 2 mL con tapas de aluminio y septas de PTFE con ayuda de la engargoladora manual.

6.5.- Equipo





La determinación analítica fue por medio de cromatografía de gases, en un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas Agilent Technologies con inyector automático y cuadrupolo con impacto electrónico de ionización química negativa.

Con las siguientes especificaciones y condiciones de operación:

Para plaguicidas organoclorados

La columna usada es HP-5 MS de 30m de longitud x 0.25mm de diámetro x 0.25 μm .

Se inyectó 1 μL en modo splitless con un flujo constante de 1.2 mL/min. de helio 4.6 cero como gas acarreador y el detector en modo SIM.

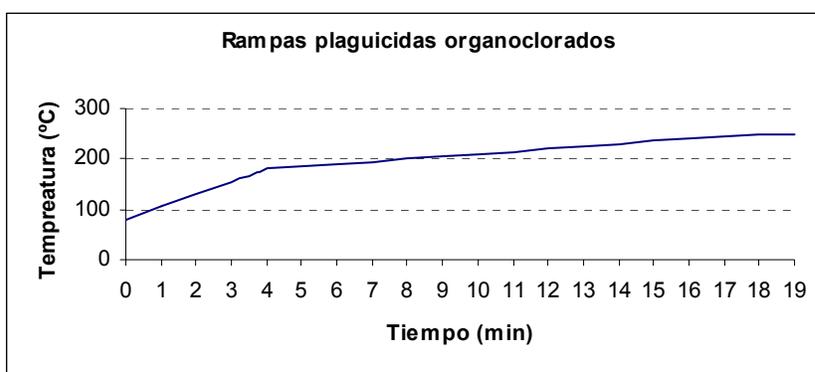


Figura 7.-Rampas de temperatura para plaguicidas.

Para hidrocarburos policíclicos aromáticos

La columna usada es HP-5 MS de 30m de longitud x 0.25mm de diámetro x 0.25 μm .

Se inyectó 1 μL en modo splitless con un flujo constante de 1.0 mL/min. de helio 4.6 cero como gas acarreador y el detector MSD en modo SIM.

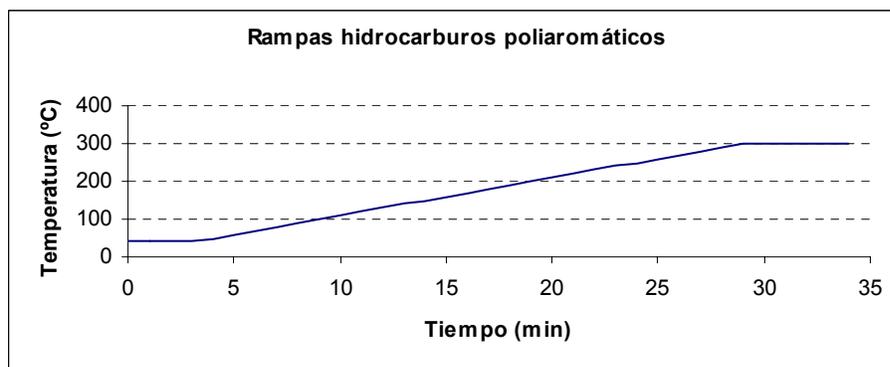


Figura 8.-Rampas de temperatura para hidrocarburos poliaromáticos.





Para hidrocarburos alifáticos

La columna usada es Agilent HP-5 MS de 30m de longitud x 0.25mm de diámetro x 0.25 μm .

Se inyectó 1 μL en modo splitless con un flujo constante de 1.2 mL/min. de helio 4.6 cero como gas acarreador y el detector MSD en modo SCAN.

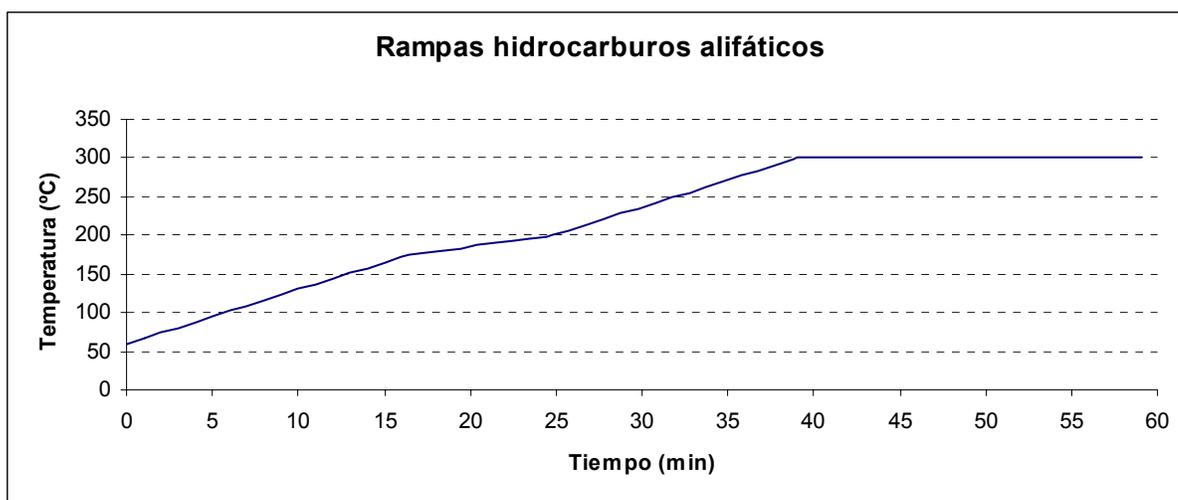


Figura 9.-Rampas de temperatura para hidrocarburos alifáticos.

Se inyectó una mezcla de estándares de referencia NIST a diferentes concentraciones para obtener curvas de calibración y que este análisis fuera certero, además de repetir inyecciones de muestras aleatoriamente para corroborar los resultados obtenidos y tener un control de calidad sobre el muestreo.

Tabla 10.- Tiempos de retención de hidrocarburos alifáticos.

	Tiempo de retención	Hidrocarburo		Tiempo de retención	Hidrocarburo
1	N-decano	5.19	14	N-tetracosano	31.38
2	N-dodecano	8.94	15	N-pentacosano	32.69
3	N-tetradecano	12.72	16	N-hexacosano	33.9
4	N-hexadecano	16.18	17	N-heptacosano	35.03
5	N-heptadecano	17.89	18	N-octacosano	36.11
6	Pristano	18.01	19	N-nonacosano	37.12
7	N-octadecano	19.81	20	N-triacontano	38.1
8	Fitano	20.01	21	N-dotriacontano	40.01
9	N-nonadecano	21.93	22	N-tetratriacontano	42.42





Área de estudio

10	N-eicosano	24.24	23	N-hexatriacontano	45.76
11	N-heneicosano	26.47	24	N-octatriacontano	50.56
12	N-docosano	28.34	25	N-tetracontano	57.62
13	N-tricosano	29.95	26	N-tetracosano	31.38

Tabla 11.- Tiempos de retención de hidrocarburos poliaromáticos.

	Tiempo de retención	Hidrocarburo		Tiempo de retención	Hidrocarburo
1	13.21	Naftaleno	15	22.39	2-Metilfenantreno
2	14.86	2-Metilnaftaleno	16	23.73	Fluoranteno
3	15.11	1-Metilnaftaleno	17	24.24	Pireno
4	16.02	Bifenilo	18	27.13	Benzo(a)antraceno
5	16.36	2,6-Dimetilnaftaleno	19	27.23	Criseno
6	16.98	Acenaftileno	20	29.56	Benzo(b)fluoranteno
7	17.36	Acenafteno	21	29.61	Benzo(k)fluoranteno
8	17.43	2,3,5-Trimetilnaftaleno	22	30.11	Benzo(e)pireno
9	18.64	Fluoreno	23	30.21	Benzo(a)pireno
10	20.04	1-Metilfluoreno	24	30.39	Perileno
11	20.59	Benzotiofeno	25	32.93	Indeno(1,2,3-cd)pireno
12	20.89	Fenantreno	26	33.03	Dibenzo(a,h)antraceno
13	20.99	Antraceno	27	33.66	Benzo(ghi)perileno
14	22.14	1-Metilfenantreno			

Tabla 12.- Tiempos de retención de plaguicidas organoclorados.

	Tiempo de retención	Plaguicida		Tiempo de retención	Plaguicida
1	17.63	ALFA-BHC	9	26.88	4,4 DDE
2	18.74	BETA-BHC	10	26.96	DIELDRIN
3	18.96	GAMA-BHC	11	27.65	ENDRIN
4	19.95	DELTA-BHC	12	28.02	ENDOSULFAN II
5	21.75	HEPTACLORO	13	28.46	4,4 DDD
6	23.05	ALDRIN	14	28.71	ENDRIN ALDEHIDO
7	24.6	HEPTACLORO EPOXIDO	15	29.58	ENDOSULFAN SULFATO
8	25.92	ENDOSULFAN I	16	29.8	4,4 DDT

Tabla 13.- Tiempos de retención de plaguicidas organofosforados.





Área de estudio

	Tiempo de retención	Plaguicida		Tiempo de retención	Plaguicida
1	7.8	DICHLORVOS	11	23.24	CHLORPYRIFOS
2	11.59	PHOSDRIN™	12	23.66	TRICHLORONATE
3	16	PROPHOS	13	24.54	TRI-B-PHOSPHOROTRITHIOITE
4	16.45	NALED	14	25.79	TETRACHLORVINPHOS
5	17.27	PHORATE	15	26.44	TOKUTHION™
6	17.95	DEMETON S	16	28.04	FENSULFOTHION
7	19.63	DIAZINON	17	28.84	SULPROFOS
8	21.31	METHYL PARATHION	18	32.57	GUTHION™
9	21.86	PENCHLORPHOS	19	35.23	COUMAPHOS
10	23.16	FENTHION			

Se inyectaron estándares los cuales se procesaron de la misma forma que las muestras problema para obtener los porcentajes de recuperación.

El límite de detección instrumental se calculó como 3 veces el ruido electrónico. Y el límite de detección metodológico se calculó como 3 veces el límite de detección instrumental.





7.- Resultados y discusión

7.1.- PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS

7.1.1.- Primer muestreo

En las muestras de sedimento del primer muestreo en el punto 1 se determinaron 0.0004 ppb de 4,4,-DDE.

En el tercer punto se determinaron 0.0005 ppb de 4,4,-DDE.

En el punto número 4 se determinaron 0.001 ppb de 4,4,-DDD.

En el punto 6 se determinaron 0.0002 ppb de alfa-BHC, y 0.0002 ppb de 4,4,-DDE.

7.1.2.- Segundo muestreo

En las muestras de agua del segundo muestreo, se determinaron 0.060 ppb (mg/L) de 4,4,-DDD en las estaciones 1,2,3,6 y 7, y 0.070 ppb del mismo compuesto para la estación 4.

También se determinó 4,4,-DDE en una concentración de 0.010 ppb en las estaciones 3, 6 y 7, así como 0.140 ppb de 4,4,-DDT en las estaciones 1 y 4.

En cuanto a muestras de sedimento del segundo muestreo, en el punto 1 se determinó una concentración de 0.828 ppb de Aldrín, 0.828 ppb de 4,4,-DDE y 10.352 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 2 se determinaron 9.426 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 3 se determinaron 0.820 ppb de 4,4,-DDE, y 10.246 ppb de 10.246 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 4 se determinaron 0.601 ppb de 4,4,-DDE, y 7.014 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 5 se determinaron 0.401 ppb de 4,4,-DDE, y 6.613 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 6 se determinaron 11.585 ppb de 4,4,-DDT.

En el punto 7 se determinaron 0.399 ppb de 4,4,-DDE, y 3.593 ppb de 4,4,-DDT.

El aldrín se encontró en cantidades por debajo de la dosis letal estimada para el hombre (3 a 7 g). Este compuesto estimula el sistema nervioso central causando malestares como mareo, náuseas, temblores, convulsiones recurrentes etc. Este plaguicida es considerado como discontinuado debido a su alta toxicidad. Es un severo contaminante marino de extrema toxicidad para los peces, crustáceos; mediana





toxicidad para aves y abejas. Forma parte de la lista de compuestos orgánicos persistentes, con una vida de 1.1 a 3.4 años, y debido a que se acumula en tejido graso puede entrar a la cadena alimenticia humana en los peces. En México esta prohibido desde 1982, para la protección de la salud y el ambiente (debido a su persistencia, la bioacumulación de residuos en tejidos grasos de humanos, su presencia en los alimentos y su alta toxicidad.

El DDT encontrado estuvo por debajo de la dosis letal estimada para humanos que es de 500 mg/kg. El DDT y sus metabolitos que son DDE y DDD, en efectos agudos pueden deteriorar la estructura de la membrana mitocondrial, lo que puede desencadenar la muerte celular. También afecta al sistema nervioso central causando náuseas, vómito, diarrea, elevación de las enzimas hepáticas y necrosis hepática. En efectos crónicos entre otras cosas ha probado ser mutagénico y suprime el sistema inmunológico, causa esterilidad y es fetotóxico, teratogénico y carcinogénico (hígado, pulmón, tiroides, leucemia) en animales de laboratorio. Esta clasificado por la OMS como moderadamente toxico. Tiene un largo período de vida lo que incrementa su posibilidad de interactuar con los humanos a través de la cadena alimenticia ya que es bioacumulable. En México se utiliza a pesar de estar prohibido en muchos países que aplican el Convenio de Róterdam.

La concentración encontrada de alfa-BHC es muy baja pero es bioacumulable y se transporta fácilmente en el medio, lo que provoca que se acumule en algunas zonas como ártico o bien viaje hasta llegar a los alimentos, presenta una toxicidad aguda entre moderada y alta, entre los efectos agudos se incluye la excitación del sistema nervioso central, convulsiones, fallo respiratorio, edema pulmonar y dermatitis. Se ha informado que el lindano es sumamente tóxico para algunos peces y otras especies acuáticas. Actualmente el lindano esta prohibido en México.





Resultados y discusión

Tabla 14.-Parámetros de campo del muestreo.

MUESTREO		I	28 DE FEBRERO DE 2005						
PARAMETRO	UNIDADES	NIVEL	SITIO Y MUESTREO						
			1	2	3	4	5	6	7
COORDENADAS GEGRAFICAS	grados y minutos	Latitud	18°30.324	18°31.65	18°32.904	18°34.122	18°35.454	18°36.666	18°37.923
		Longitud	91°46.566	91°47.592	91°48.54	91°49.53	91°50.478	91°51.432	91°52.381
PROFUNDIDAD	m	Fondo	5.00	2.50	3.10	3.60	3.50	3.50	5.10
TEMPERATURA	°C	Superficie	27.44	27.28	27.10	26.97	27.09	26.81	27.16
		Fondo	26.68	26.47	26.28	26.50	26.57	26.55	27.07
pH	Unidades	Superficie	8.23	8.28	8.26	8.26	8.26	8.24	8.22
		Fondo	8.18	8.29	8.28	8.26	8.25	8.24	8.24
Oxígeno disuelto	mg/L	Superficie	5.71	5.51	5.57	5.49	5.64	5.48	5.39
		Fondo	4.78	4.34	4.24	4.85	4.09	4.95	4.81
Turbidez	UNT	Superficie	12.00	7.00	5.00	4.00	3.00	2.00	6.00
		Fondo	38.00	16.00	9.00	17.00	9.00	10.00	9.00
Salinidad	UPS	Superficie	11.80	15.80	19.70	22.10	26.20	29.21	31.16
		Fondo	16.60	18.70	23.60	26.80	28.91	31.54	32.18
MUESTREO		II	13 DE SEPTIEMBRE DE 2005						
PARAMETRO	UNIDADES	NIVEL	SITIO Y MUESTREO						
			1	2	3	4	5	6	7
COORDENADAS GEGRAFICAS	grados y minutos	Latitud	18°30.324	18°31.65	18°32.904	18°34.122	18°35.454	18°36.666	18°37.923
		Longitud	91°46.566	91°47.592	91°48.54	91°49.53	91°50.478	91°51.432	91°52.381
PROFUNDIDAD	m	Fondo	5.12	2.70	3.40	3.90	3.50	4.00	5.40
TEMPERATURA	°C	Superficie	30.75	31.15	31.34	31.55	31.51	31.37	31.30
		Fondo	30.33	30.30	30.25	30.70	31.20	31.17	31.32
pH	Unidades	Superficie	8.39	8.33	8.38	8.39	8.39	8.38	8.37
		Fondo	8.18	8.15	8.26	8.23	8.27	8.26	8.25
Oxígeno disuelto	mg/L	Superficie	5.33	5.71	5.36	5.69	5.59	5.39	5.31
		Fondo	4.08	4.27	4.15	4.64	5.45	5.26	5.18
Turbidez	UNT	Superficie	19.00	9.00	2.00	7.00	7.00	7.00	39.00
		Fondo	57.00	10.00	3.00	18.00	18.80	27.00	44.00
Salinidad	UPS	Superficie	6.92	9.25	13.64	14.46	18.00	18.03	21.52
		Fondo	19.32	23.71	25.61	22.71	19.34	18.37	21.52





7.2.- Organofosforados

7.2.1.- Primer muestreo

7.2.2.- Segundo muestreo

En las muestras de agua del segundo muestreo se determinaron 0.1600 ppb de CHLORPYRIFOS en el punto número 2.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determino lo siguiente:

En el punto 1 una concentración de 11.594 ppb de PHOSDRIN™, 14.079 ppb de PROPHOS, y 28.571 ppb de METHYL PARATHION.

En el punto 2 se determinaron 29.098 ppb de METHYL PARATHION, y 18.443 ppb de TETRACHLORVINPHOS.

En el punto 3 se determinaron 30.738 ppb de METHYL PARATHION, y 18.443 ppb de 10.246 ppb de TETRACHLORVINPHOS.

En el punto 4 se determinaron 21.042 ppb de METHYL PARATHION.

En el punto 5 se determinaron 19.639 ppb de METHYL PARATHION.

En el punto 6 se determinaron 46.341 ppb de METHYL PARATHION.

En el punto 7 se determinaron 13.174 ppb de METHYL PARATHION, y 8.982 ppb de TETRACHLORVINPHOS.

El CHLORPYRIFOS es considerado como moderadamente toxico para humanos, puede producir una variedad de efectos sobre el sistema nervioso, incluyendo dolores de cabeza, visión borrosa, lagrimeo, excesiva salivación, secreción nasal, mareo, confusión, debilidad o temblores musculares, náusea, diarrea y cambios bruscos en el latido del corazón. El efecto depende de la cantidad de clorpirifos en el aire y de la duración de la exposición. La exposición a altos niveles puede producir sudor profuso, pérdida del control intestinal, serios temblores musculares, convulsiones, pérdida del conocimiento (coma) o la muerte. Es desechado fácilmente por el organismo y no presenta bioacumulación. Tiene un periodo corto de vida, pero es toxico para aves y muy toxico para peces de agua dulce.

La concentración determinada de PHOSDRIN(TM) es relativamente alta. Ataca el sistema respiratorio, el sistema nervioso central, la colinesterasa en la sangre e irrita la piel. Es de uso restringido en México

El PROPHOS es tóxico por ingestión, muy tóxico en contacto por la piel, y es tóxico para los organismos acuáticos. No es recomendado por la OMS.





El METHYL PARATHION tiene alta toxicidad por todos los métodos de exposición como todos los organofosforados se absorbe rápidamente por la piel al igual que otros compuestos organofosforados es inhibidor de la colinesterasa. Es extremadamente tóxico en aves y moderadamente tóxico para los peces. Es un plaguicida prohibido en México.

El TETRACHLORVINPHOS no es muy toxico por inhalación, y no produce signos de Neurotoxicidad, pero es posiblemente cancerígeno.

Los puntos número uno y dos esta localizado cerca de la Barra de Boca Chica que conecta la laguna santa Gertrudis y la laguna Del Este con la Laguna de Términos, las cuales son alimentadas por los ríos: el Viejo que recibe agua del río Palizada, río El Este, Piñas y Marentes.

Los puntos tres, cuatro, cinco y seis están localizados cerca de la boca de la Laguna Atasta.

El punto siete esta localizado en una zona donde existen corrientes marinas generadas por el oleaje proveniente de mar adentro.

7.3.- HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS

7.3.1.- HIDROCARBUROS TOTALES

7.3.1.1.- Primer muestreo

En el sedimento del primer muestreo los hidrocarburos totales se determinaron entre concentraciones de 414.68 a 1424.68 ppb. Correspondiendo el valor mas alto a la estación 2.

7.3.1.2.- Segundo muestreo

En las muestras de agua los hidrocarburos totales para el segundo muestreo se determinaron entre concentraciones de 0.130 y 10.090 ppb. El mayor valor obtenido corresponde a la estación 2.

Para el segundo muestreo en sedimento se determinaron concentraciones de 589.506 y 1164.694 ppb; el valor más alto corresponde a la muestra de la estación 2.

7.3.2.- N-dodecano





Se determinaron 200.803 ppb de dodecano en la muestra de sedimento del punto número 5 del segundo muestreo.

7.3.3.- N-tetradecano

Se determino tetradecano en muestras de sedimento del segundo muestreo en concentraciones de 10.385 ppb para el primer punto, 15.542 ppb para el segundo punto, y 25.667 ppb en el punto 5.

7.3.4.- N-hexadecano

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de entre 8.68 y 22.82 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 4.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 6.719 y 20.364 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 2.

7.3.5.-N-heptadecano

En las muestras de sedimento del primer muestreo el heptadecano varió entre 14.87 y 75.00 ppb; el valor mas alto fue determinado en el punto número 2.

Las concentraciones de heptano para el segundo muestreo se encontraron entre valores de 26.271 y 54.339 ppb; el valor más alto corresponde al punto número 2.

7.3.6.-Pristano

El pristano en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de 7.58 y 39.16 ppb; determinándose la concentración mayor en el punto número 3.

En el segundo muestreo las concentraciones de pristano se determinaron entre valores de 16.581 y 33.026 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 2.

7.3.7.-N-octadecano





En el primer muestreo el octadecano varió entre concentraciones de 1.44 y 3.92 ppb; la mayor concentración se encontró en el punto número 3.

Para el segundo muestreo el octadecano presentó valores entre <0.692 y 7.615 ppb; detectando la mayor concentración en el punto número 1.

7.3.8.-Fitano

La concentración de fitano en sedimento en el primer muestreo fluctuó entre valores de 6.10 y 17.65 ppb; la mayor concentración se determinó en el punto número 3.

En el segundo muestreo, las concentraciones de fitano en sedimento estuvieron entre 10.448 y 16.750 ppb; la mayor concentración fue registrada en el punto número 1.

7.3.9.-N-nonadecano

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones entre 10.41 y 29.80 ppb. La mayor concentración se obtuvo en el punto de muestreo número 3.

Para el segundo muestreo el sedimento analizado mostró valores entre 22.000 y 29.630ppb; siendo esta ultima concentración la del punto de muestreo número 7.

7.3.10.-N-eicosano

Las concentraciones de eicosano en sedimento del primer muestreo fueron de 9.89 ppb para el punto número 4 y 11.63 para el punto número 7.

En agua para el segundo muestreo las concentraciones estuvieron entre <0.047 y 0.100 ppb. La mayor concentración fue determinada en el punto número 1.

En sedimento para el segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 10.000 y 13.992 ppb. Siendo esta ultima concentración la determinada en el punto 7.

7.3.11.-N-heneicosano





En las muestras de sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones entre 14.62 y 92.28 ppb. El valor mas alto corresponde al punto número 2.

Las muestras de agua tenían concentraciones entre valores de <0.071 y 0.200 ppb; la concentración mas alta corresponde al punto número 1.

En el sedimento del segundo muestreo las concentraciones se determinaron en valore entre 26.104 y 39.673 ppb; la concentración mas alta para estas muestras fue del punto número 2.

7.3.12.-N-docosano

El docosano se encontró en concentraciones entre 8.62 y 21.57 ppb, en las muestras de sedimento del primer muestreo, siendo las concentración mas alta la del punto 3.

Para las muestras de agua del segundo muestreo la concentración se determinó entre <0.078 y 0.260 ppb. La concentración más alta correspondía a las muestras de los puntos 1 y 2.

En el sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 13.142 y 22.699; siendo la concentración mayor la del punto 2.

7.3.13.-N-tricosano

En las muestras de sedimento del primer muestreo se cuantificaron concentraciones entre 24.78 y 63.53 ppb. La concentración mayor se determinó en la muestra del punto 3.

Para el segundo muestreo el agua contenía entre 0.190 y 0.560. Siendo el punto número 2 el que presento una mayor concentración.

El sedimento registró valores entre 39.095 y 57.464, y de igual manera que en agua, el punto con mayor concentración fue el número 2.

7.3.14.-N-tetracosano

El tetracosano se encontró en muestras de sedimento del primer muestreo en concentraciones desde 11.85 ppb hasta 31.37 ppb. Y la concentración más alta corresponde al punto 3.





En el agua del segundo muestreo se encontraron concentraciones entre 0.050 y 0.830 ppb; para el tetracosano el punto con mayor concentración fue el número 2.

En sedimento del segundo muestreo la concentración estuvo entre 16.427 y 49.489 ppb; igual que en agua la mayor concentración fue la del punto 2.

7.3.15.-N-pentacosano

El pentacosano en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de 51.34 y 153.16 ppb; la mayor concentración fue determinada en el punto número 7.

En el agua del segundo muestreo las concentraciones de pentacosano se determinaron entre valores de <0.136 y 1.630 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 2.

Las concentraciones de pentacosano en sedimento del segundo muestreo se encontraron en valores desde 85.421 hasta 149.080 ppb, y de igual forma que en el agua la mayor concentración es la del punto número 2.

7.3.16.-N-hexacosano

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de entre 16.88 y 40.15 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 2.

Las muestras de agua mostraron en las determinaciones unas concentraciones entre <0.087 y 1.080 ppb. En el punto 2 fue donde se determino la mayor concentración.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 18.480 y 64.008 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 2.

7.3.17.-N-heptacosano

La concentración de heptacosano en sedimento en el primer muestreo fluctuó entre valores de 64.53 y 217.25 ppb; la mayor concentración se determinó en el punto número 3.





En el agua del segundo muestreo se encontraron concentraciones de heptacosano entre <0.143 y 1.560 ppb; para el heptacosano el punto con mayor concentración fue el número 2.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 62.963 y 165.849 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 2.

7.3.18.-N-octacosano

Las concentraciones de octacosano en sedimento del primer muestreo fueron de 26.57 a 67.95 ppb; el punto con mayor concentración fue el número 2..

En agua para el segundo muestreo las concentraciones de octacosano estuvieron entre <0.117 y 1.050 ppb. La mayor concentración de octacosano fue determinada en el punto número 2.

En sedimento para el segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 24.280 y 68.916 ppb. Siendo esta ultima concentración la determinada en el punto 2.

7.3.19.-N-nonacosano

El nonacosano en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de 92.64 y 422.39 ppb; determinándose la concentración mayor en el punto número 2.

En el segundo muestreo las concentraciones de nonacosano en agua se determinaron entre valores de <0.196 y 1.190 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 2.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 95.473 y 225.562 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 2.

7.3.20.-N-triacontano

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de triacontano entre 40.57 y 88.03 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 2.





En las muestras de agua del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre <0.180 y 0.820 ppb; la mayor concentración de triacontano se determinó en el punto número 2.

Las concentraciones de triacontano para el segundo muestreo se encontraron entre valores de 32.000 y 60.123 ppb; el valor más alto corresponde al punto número 2.

7.3.21.-N-dotriacontano

El dotriacontano se encontró en concentraciones entre <62.05 y 94.90 ppb, en las muestras de sedimento del primer muestreo, siendo la concentración más alta la del punto 3.

Para las muestras de agua del segundo muestreo la concentración se determinó de 0.790 ppb para el punto 1 y 0.830 ppb para el punto 2.

En el sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 33.725 y 46.075 ppb; siendo la concentración mayor la del punto 3.

7.3.22.-N-tetratriacontano

Para el segundo muestreo el tetratriacontano presentó valores entre <6.156 y 57.906 ppb; detectando la mayor concentración en el punto número 3.

7.3.23.-N-hexatriacontano

El hexatriacontano solo se encontró y determinó en el sedimento del segundo muestreo en el punto número 1 obteniendo un valor de 46.493 ppb.

7.4.-Hidrocarburos Poliaromáticos

7.4.1.-Hidrocarburos Poliaromáticos Totales

Los hidrocarburos policíclicos aromáticos totales en las muestras de sedimento del primer muestreo se cuantificaron entre valores de 20.31 y 58.07 ppb. La concentración mayor se ubica en el punto 3.

Para el segundo muestreo, en agua, los valores van desde 0.0103 ppb hasta 0.0366 ppb; el punto con mayor concentración fue el número 1.





En el sedimento del segundo muestreo las concentraciones de aromáticos totales se encuentran entre valores de 84.4057 y 1142.7312 ppb. Siendo el primer punto el que presentó una mayor concentración.

7.4.2.-Naftaleno

El naftaleno en sedimento del segundo muestreo se cuantificó con valores entre 44.0125 y 1005.2229 ppb; la mayor concentración se cuantificó en el punto número 1.

7.4.3.- 2-Metilnaftaleno

Se determinó metilnaftaleno en muestras de agua del segundo muestreo en concentraciones de 0.0010 ppb para el punto 2 y 0.0014 ppb en el punto 1.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 1.9022 y 67.7686 ppb; la mayor concentración se determinó en el punto número 1.

7.4.4.-1-Metilnaftaleno

En el agua del segundo muestreo se cuantificó una concentración de 0.0006 ppb en el primer punto

En sedimento del segundo muestreo la concentración estuvo entre 1.8608 y 22.6379 ppb; igual que en agua la mayor concentración fue la del punto 1.

7.4.5.-Bifenilo

El bifenilo se encontró en concentraciones entre 0.0007 y 0.0016 ppb, en las muestras de agua del segundo muestreo, siendo la concentración más alta la del punto 1.

El bifenilo en el sedimento del segundo muestreo se determinó en concentraciones entre 2.5083 y 9.9752; siendo la concentración mayor la del punto 7.





7.4.6.- 2,6-Dimetilnaftaleno

El 2,6-Dimetilnaftaleno se encontró en concentraciones entre <3.443 y 13.96 ppb, en las muestras de sedimento del primer muestreo, siendo la concentración mas alta la del punto 3.

En las muestras de agua del segundo muestreo la concentración se determinó entre <0.0008 y 0.0034 ppb. La concentración más alta correspondía a la muestra del punto 1.

En el sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones de 2,6-Dimetilnaftaleno entre 1.1049 y 5.2710; siendo la concentración mayor la del punto 2.

7.4.7.-Acenaftileno

Las concentraciones de Acenaftileno en sedimento del segundo muestreo se encontraron en valores desde 0.4087 hasta 0.7875 ppb, y de igual forma que en el agua la mayor concentración es la del punto número 2.

7.4.8.-Acenafteno

Las concentraciones de Acenafteno en agua del primer muestreo fueron de 0.0017 ppb para el punto número 1, y 0.0018 ppb para el punto número 4.

En sedimento para el segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 0.5324 y 1.1883 ppb. Siendo esta ultima concentración la determinada en el punto 7.

7.4.9.- 2,3,5-Trimetilnaftaleno

Las concentraciones de 2,3,5-Trimetilnaftaleno en sedimento del segundo muestreo se encontraron entre valores de 0.5255 y 0.8473 ppb; el valor mas alto corresponde al punto número 1.

7.4.10.-Fluoreno

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 0.7042 y 1.1946 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 7.





7.4.11.- 1-Metilfluoreno

En el agua del segundo muestreo se determinaron concentraciones de entre 0.0033 y 0.0043 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 2.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 0.8030 y 1.2424 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 7.

7.4.12.-Benzotiofeno

En las muestras de agua del segundo muestreo el varió entre concentraciones de 0.0029 y 0.0038 ppb; la mayor concentración se encontró en los puntos números 2, 4, y 3.

Para el segundo muestreo el Benzotiofeno presentó valores entre 0.4242 y 0.6628 ppb; detectando la mayor concentración en el punto número 7.

7.4.13.-Fenantreno

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones entre 1.54 y 2.10 ppb. La mayor concentración se obtuvo en el punto de muestreo número 7.

Para el segundo muestreo el sedimento analizado mostró valores entre 1.1250 y 1.4766 ppb; siendo esta ultima concentración la del punto de muestreo número 1.

7.4.14.-Antraceno

El antraceno se encontró en concentraciones entre 0.83 y 1.36 ppb, en las muestras de sedimento del primer muestreo, siendo la concentración mas alta la del punto 3.

Para las muestras de sedimento del segundo muestreo la concentración se determinó entre 0.0777 y 0.3380 ppb. La concentración más alta correspondía a las muestras de los puntos 1.

7.4.15.- 1-Metilfenantreno

Para el primer muestreo el sedimento contenía 0.72 ppb en el punto 6, y 0.81 ppb en el punto número 1.





El sedimento del segundo muestreo presento valores de 0.6570 ppb para el punto número 5, y 0.6734 ppb, en el punto número 4.

7.4.16.- 2-Metilfenantreno

En el agua del segundo muestreo se encontró una concentración de 0.0016 ppb en el punto número 5.

En sedimento del segundo muestreo la concentración determinada fue de 0.6434 ppb en el punto número 5 y 1.0016 ppb en el punto número 4.

7.4.17.-Fluoranteno

El fluoranteno en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de 0.535 y 1.87 ppb; la mayor concentración fue determinada en el punto número 7.

En el agua del segundo muestreo las concentraciones de fluoranteno se determinaron entre valores de 0.0008 y 0.0011 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 1.

Las concentraciones de fluoranteno en sedimento del segundo muestreo se encontraron en valores desde 0.7056 hasta 1.3486 ppb, y de igual forma que en el agua la mayor concentración es la del punto número 6.

7.4.18.-Pireno

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de entre 0.619 y 1.73 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 7.

Las muestras de agua mostraron en las determinaciones unas concentraciones entre 0.0012 y 0.0021 ppb. En el punto 5 fue donde se determino la mayor concentración.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 1.0460 y 1.6620 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 6.

7.4.19.-Benzo(a)antraceno





Las concentraciones de Benzo(a)antraceno en sedimento del primer muestreo fueron de <0.702 a 1.72 ppb; el punto con mayor concentración fue el número 3.

En agua para el segundo muestreo las concentraciones de Benzo(a)antraceno fueron de 0.0043 ppb para el punto 6 y 0.0044 ppb. Para el punto número 7

En sedimento para el segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 0.8192 y 1.8989 ppb. Siendo esta ultima concentración la determinada en el punto 6.

7.4.20.-Criseno

En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de triacotano entre <0.468 y 1.18 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 3.

Las concentraciones de criseno para el segundo muestreo se encontraron entre valores de 0.2959 y 1.0600 ppb; el valor mas alto corresponde al punto número 6.

7.4.21.-Benzo(b)fluoranteno

La concentración de Benzo(b)fluoranteno en sedimento en el primer muestreo se encontró entre valores de <1.279 y 3.09 ppb; la mayor concentración se determinó en el punto número 3.

En el sedimento del segundo muestreo se encontraron concentraciones de Benzo(b)fluoranteno entre 1.4994 y 2.6206 ppb; para el heptacosano el punto con mayor concentración fue el número 6.

7.4.22.-Benzo(k)fluoranteno

El Benzo(k)fluoranteno en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de <0.880 y 1.66 ppb; la mayor concentración fue determinada en el punto número 7.

En el segundo muestreo las concentraciones de pentacosano en sedimento se determinaron entre valores de 0.4648 y 1.0124 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 6.

7.4.23.-Benzo(e)pireno





En el sedimento del primer muestreo se determinaron concentraciones de entre <0.842 y 1.96 ppb; correspondiendo el valor mayor al punto número 3.

El agua del segundo muestreo presento unas concentraciones de 0.0147 ppb para el punto número 2, y 0.0161 ppb para los puntos 1 y 6.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 0.8562 y 1.8100 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 6.

7.4.24.-Benzo(a)pireno

El se encontró en muestras de sedimento del primer muestreo en concentraciones desde <1.783 ppb hasta 3.07 ppb. Y la concentración más alta corresponde al punto 7.

En el sedimento del segundo muestreo se encontraron concentraciones de Benzo(a)pireno entre 1.0848 y 2.5137 ppb; para este compuesto el punto con mayor concentración fue el número 6.

7.4.25.-Perileno

Se determino perileno en muestras de sedimento del primer muestreo en concentraciones entre 7.54 ppb y 20.17 ppb. La concentración mayor corresponde al punto 2.

En las muestras de sedimento del segundo muestreo se determinaron concentraciones entre 8.8241 y 16.6015 ppb; la mayor concentración se determino en el punto número 3.

7.4.26.-Indeno(1,2,3-cd)pireno

El Indeno(1,2,3-cd)pireno en el sedimento del primer muestreo se determinó entre valores de <1.702 y 2.78 ppb; determinándose la concentración mayor en el punto número 3.

En el segundo muestreo las concentraciones de Indeno(1,2,3-cd)pireno en sedimento se determinaron entre valores de 1.4480 y 2.6700 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 6.

7.4.27.-Dibenzo(a,h)antraceno





En las muestras de sedimento del segundo muestreo el Dibenzo(a,h)antraceno varió entre concentraciones de 0.5088 y 1.0064 ppb; el valor mas alto fue determinado en el punto número 6.

7.4.28.-Benzo(ghi)perileno

El Benzo(ghi)perileno en el sedimento del primer muestreo se encontró entre valores de <1.124 y 2.75 ppb; determinándose la concentración mayor en el punto número 3.

En el segundo muestreo las concentraciones de Benzo(ghi)perileno se determinaron entre valores de 1.1237 y 1.8437 ppb; la mayor concentración corresponde a al punto número 6.





8.-Conclusiones

- En el sedimento del primer muestreo se detectaron solo concentraciones muy bajas de plaguicidas organoclorados DDT, DDD, DDE y α -BHC. En agua tanto organoclorados como organofosforados estaban por debajo del límite de detección.
- En el agua del segundo muestreo se detectaron concentraciones muy bajas de plaguicidas organoclorados: DDT, DDD y DDE, en cuanto a plaguicidas organofosforados solo se encontró Clorpirifos.
- En el sedimento del segundo muestreo se encontraron los siguientes plaguicidas organoclorados: DDT, DDD, DDE, Aldrín, y α -BHC. Los plaguicidas organofosforados encontrados son: MetilParatión, Tetraclorvinfos, Profos, y Phosdrin™, encontrándose las mayores concentraciones en los primeros puntos que se localizan cerca de la barra de Boca Chica, en donde hay un aporte de agua de los ríos Palizada, El Este, Piñas, Marentes y El Viejo, los cuales atraviesan campos de cultivo.
- Se encontró una mayor concentración de plaguicidas en las muestras del mes de septiembre, debido a que es la época de fumigación.
- Los hidrocarburos alifáticos se encontraron en concentraciones relativamente bajas siendo la mas alta la del punto numero dos. Las concentraciones de aromáticos fueron relativamente altas, las menores localizadas en los puntos 3 y 4 ubicadas hacia el centro de la laguna. La concentración más alta corresponde al naftaleno en la muestra de sedimento del segundo muestreo en el punto 1, se determinaron 1.005 ppm.
- Debido a las concentraciones relativamente bajas de hidrocarburos encontradas en el área de estudio, se puede decir que la contaminación por hidrocarburos es moderada, y al ser una zona de pesca también puede ser debida las lanchas utilizadas por los pescadores.
- La cuantificación de contaminantes orgánicos puede ser muy variable entre un muestreo y otro debido a que es un sistema muy dinámico y mantiene un constante intercambio de agua con el mar.





Conclusiones

- Es importante que se realicen este tipo de proyectos para tener información de la influencia de las actividades humanas en estas zonas, y que tienen una gran importancia ecológica y económica.
- Se recomienda extender la zona de muestreo hacia la boca de la laguna Atasta, y otras zonas de la laguna cercanas a campos de cultivo.





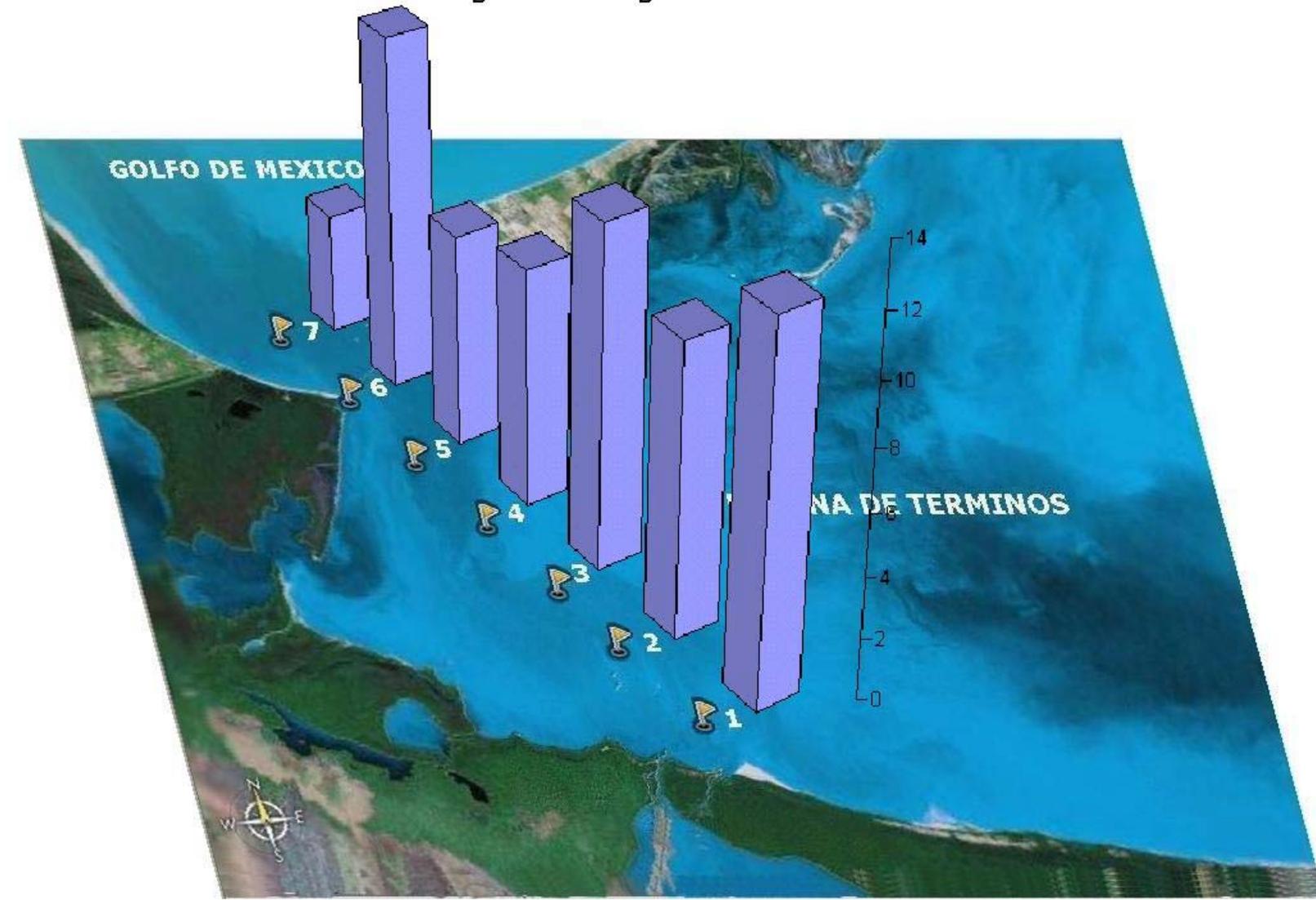
9.- Anexos

Gráfica	Página
Plaguicidas organoclorados totales.	70
Plaguicidas organofosforados totales.	71
Hidrocarburos alifáticos totales.	72
Hidrocarburos poliaromáticos totales.	73
Plaguicidas organoclorados en sedimento del primer muestreo.	74
Plaguicidas organoclorados en agua del segundo muestreo.	75
Plaguicidas organoclorados en sedimento del segundo muestreo.	76
Plaguicidas organofosforados en sedimento del segundo muestreo.	77
Hidrocarburos alifáticos en agua del segundo muestreo.	78
Hidrocarburos alifáticos en sedimento del segundo muestreo.	79
Hidrocarburos poliaromáticos en sedimento del primer muestreo.	80
Hidrocarburos poliaromáticos en agua del segundo muestreo.	81
Hidrocarburos poliaromáticos en sedimento del segundo muestreo.	82



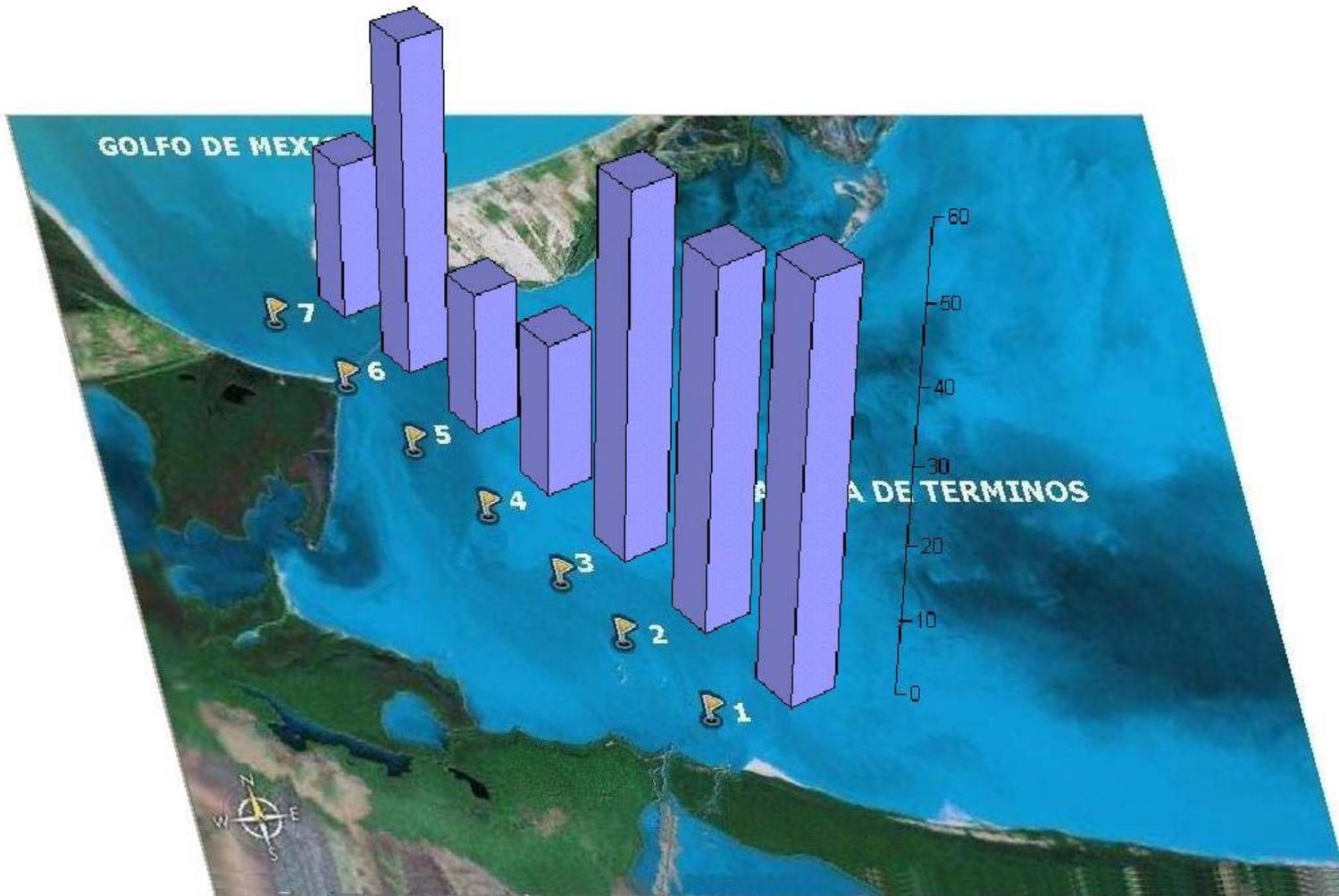


Plaguicidas organoclorados totales



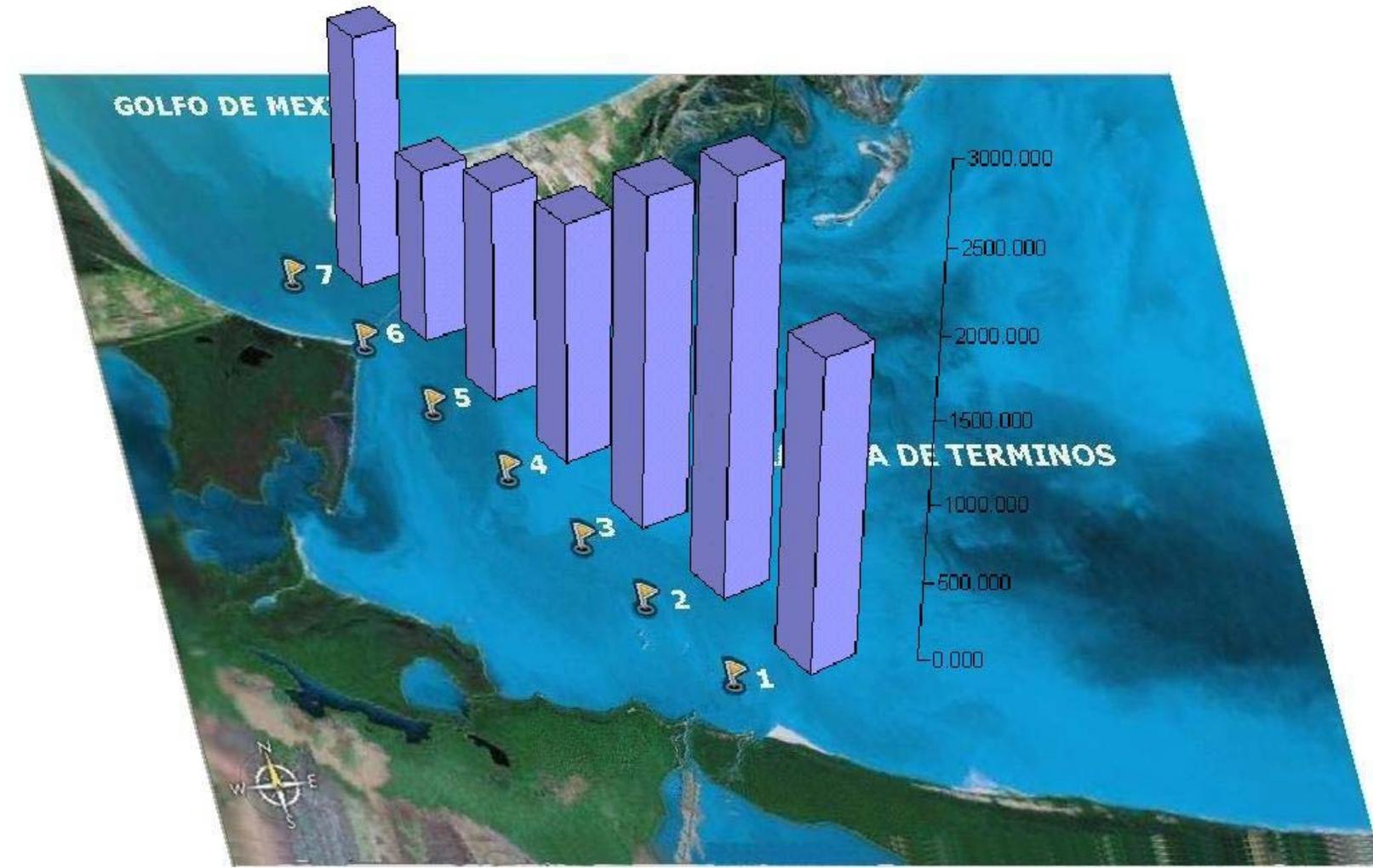


Plaguicidas organofosforados totales



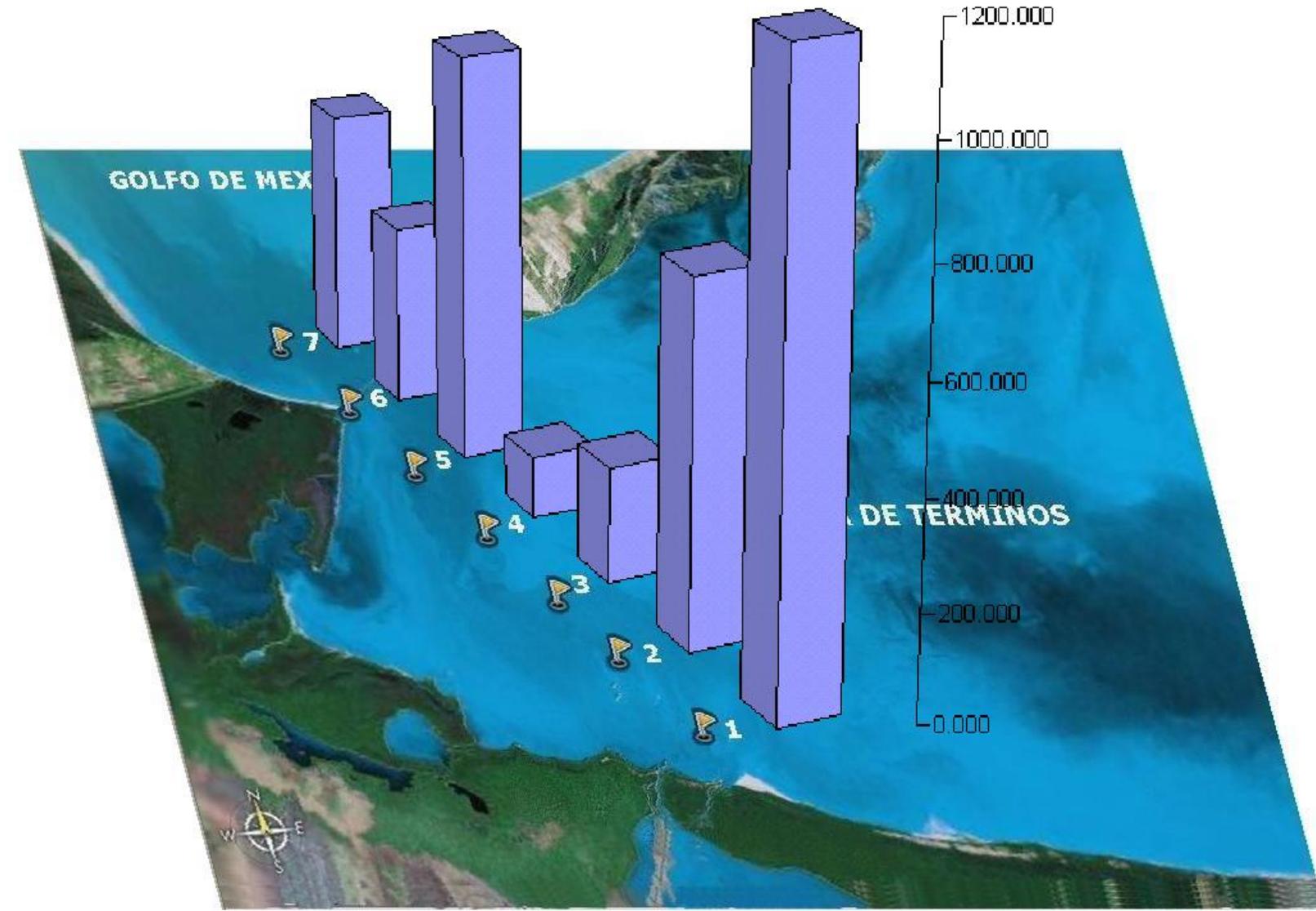


Hidrocarburos alifáticos totales



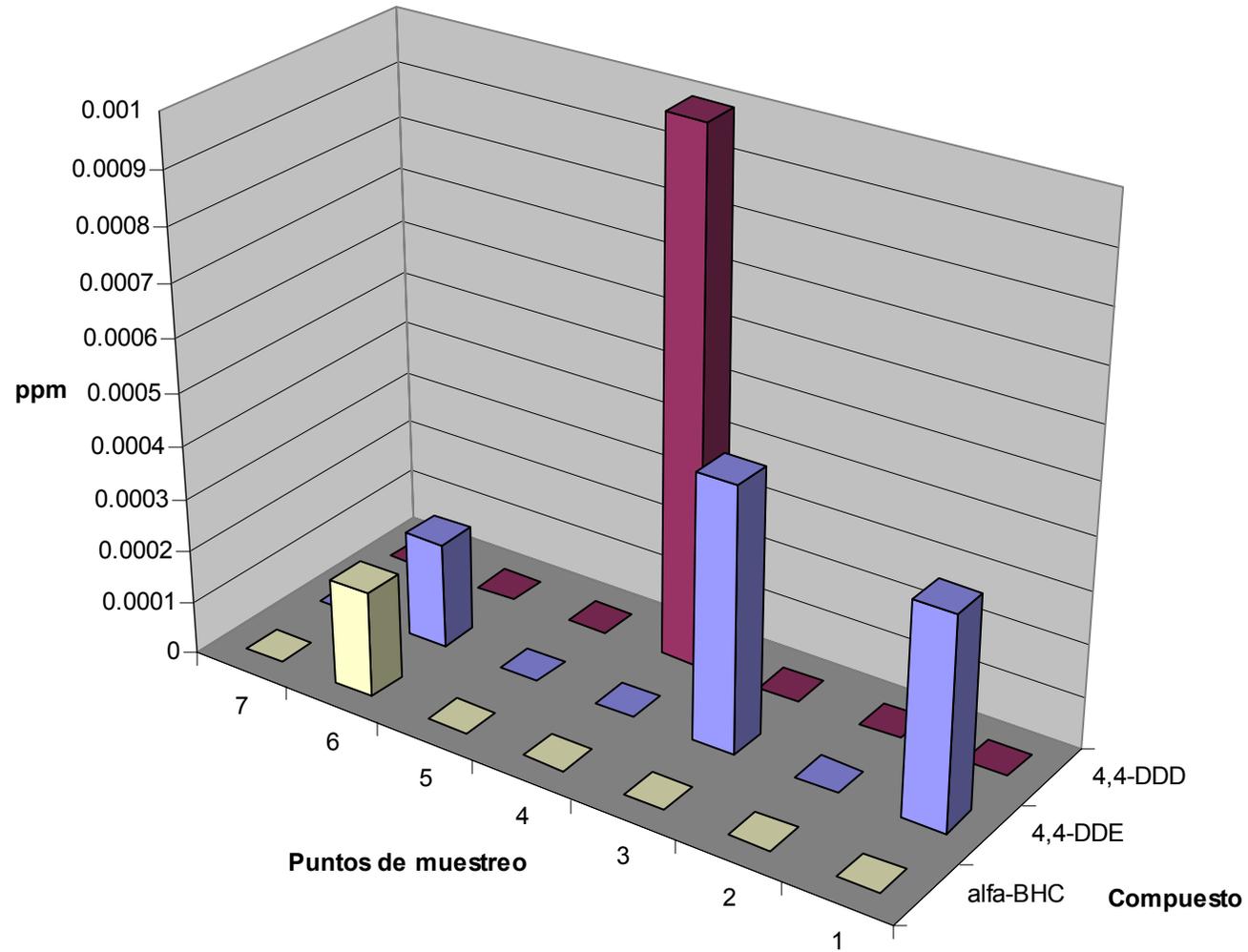


Hidrocarburos aromáticos totales





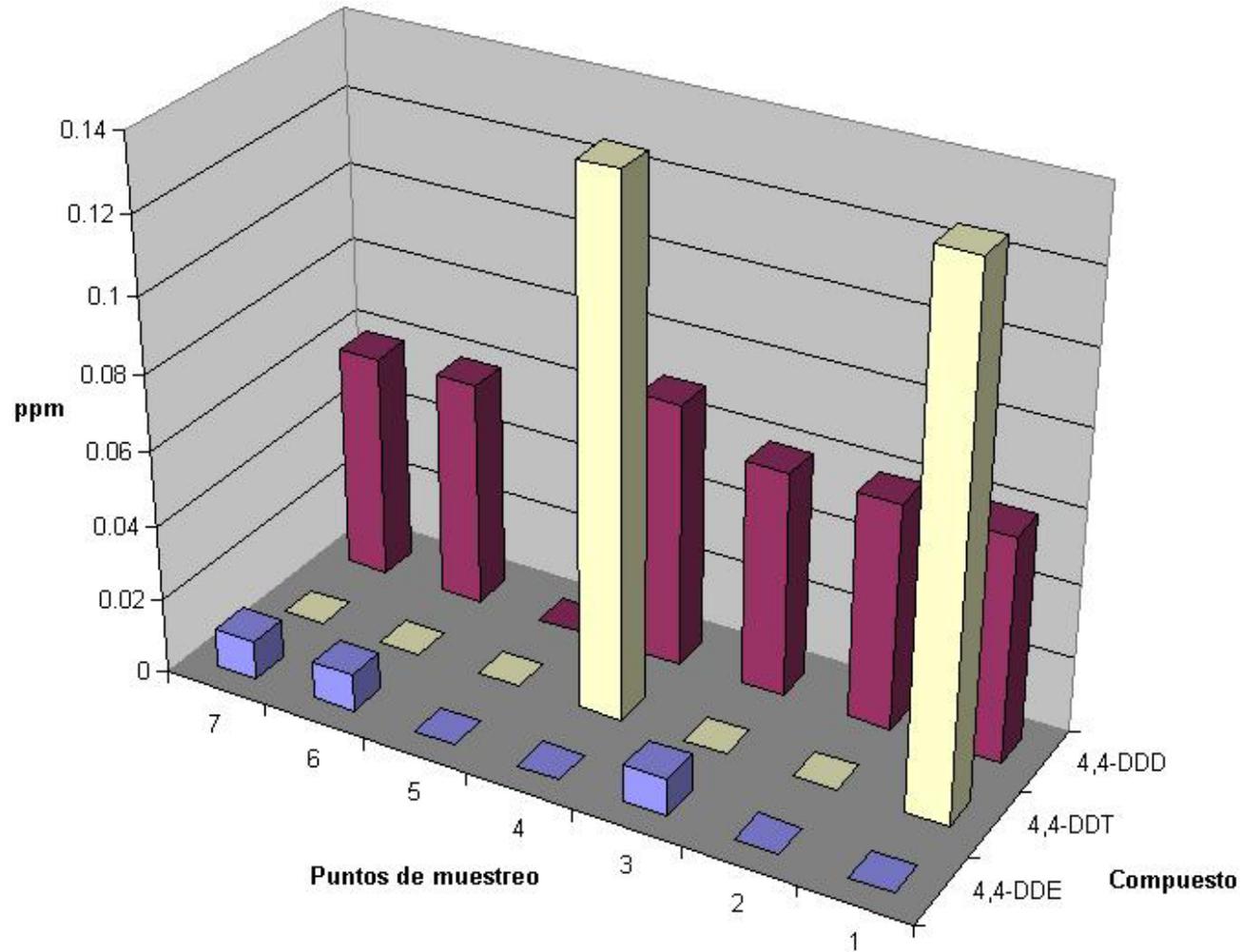
Plaguicidas organoclorados en el sedimento del primer muestreo







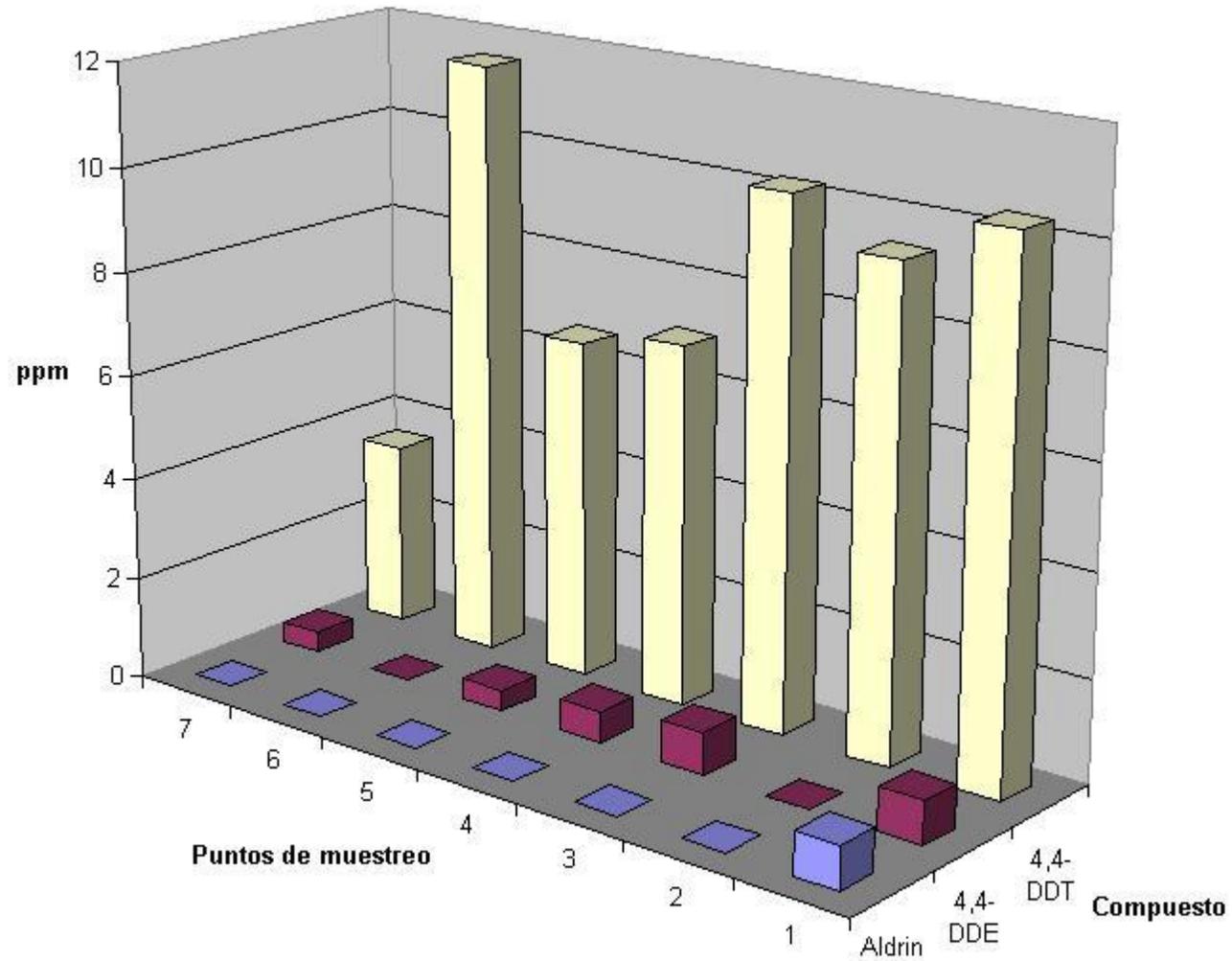
Plaguicidas organoclorados en agua del segundo muestreo







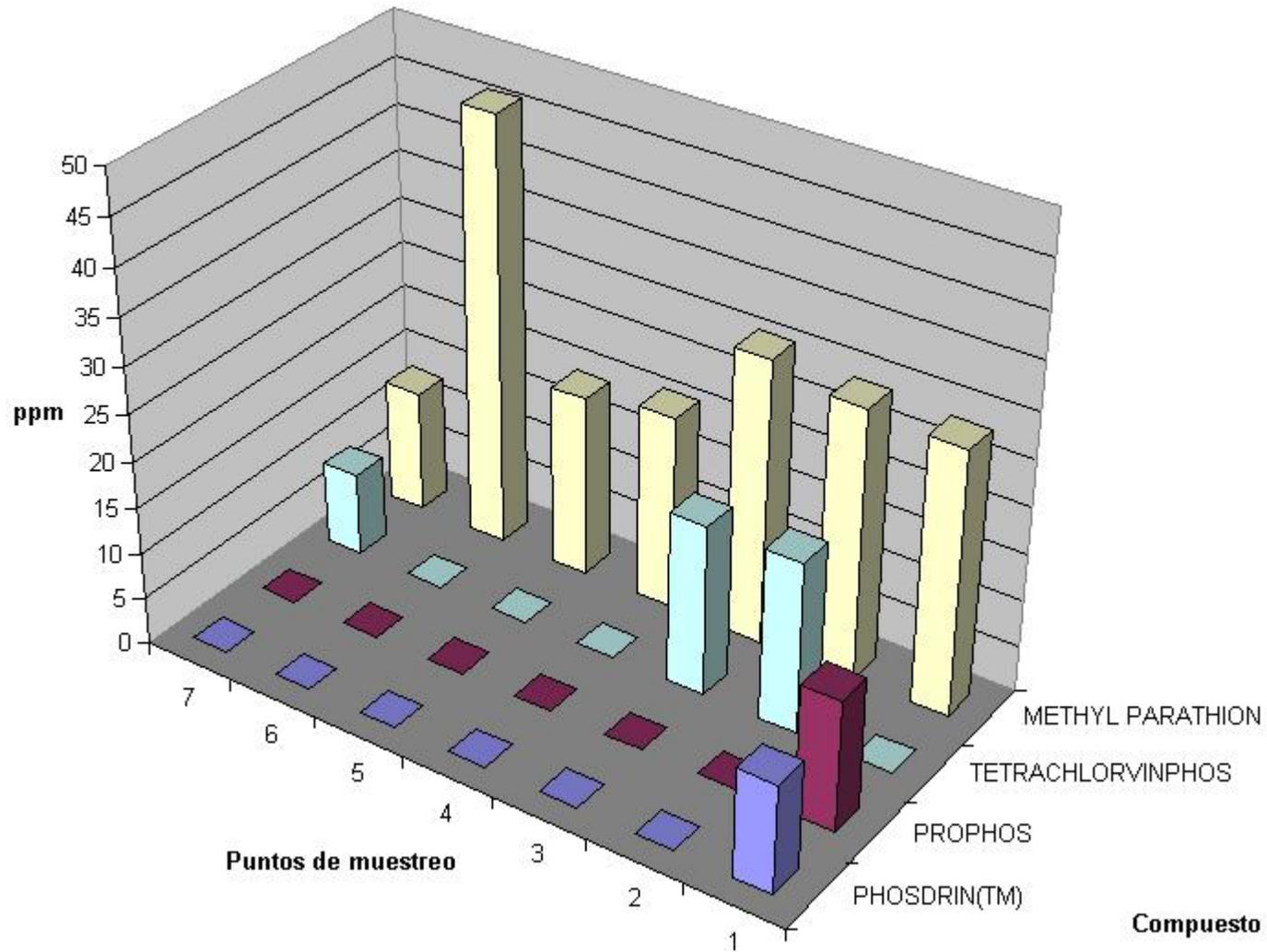
Plaguicidas organoclorados en sedimento del segundo muestreo







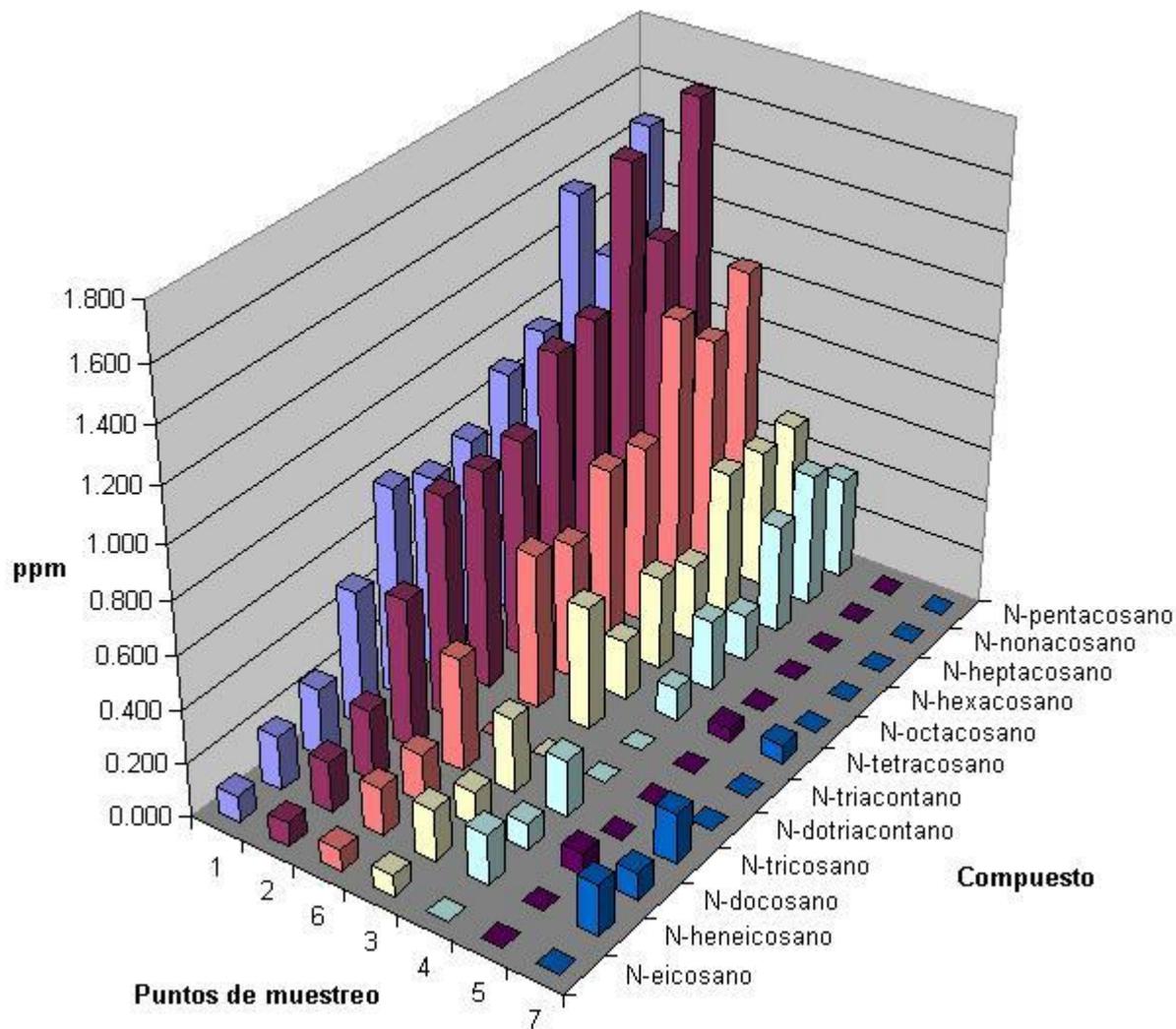
Plaguicidas organofosforados en sedimento del segundo muestreo





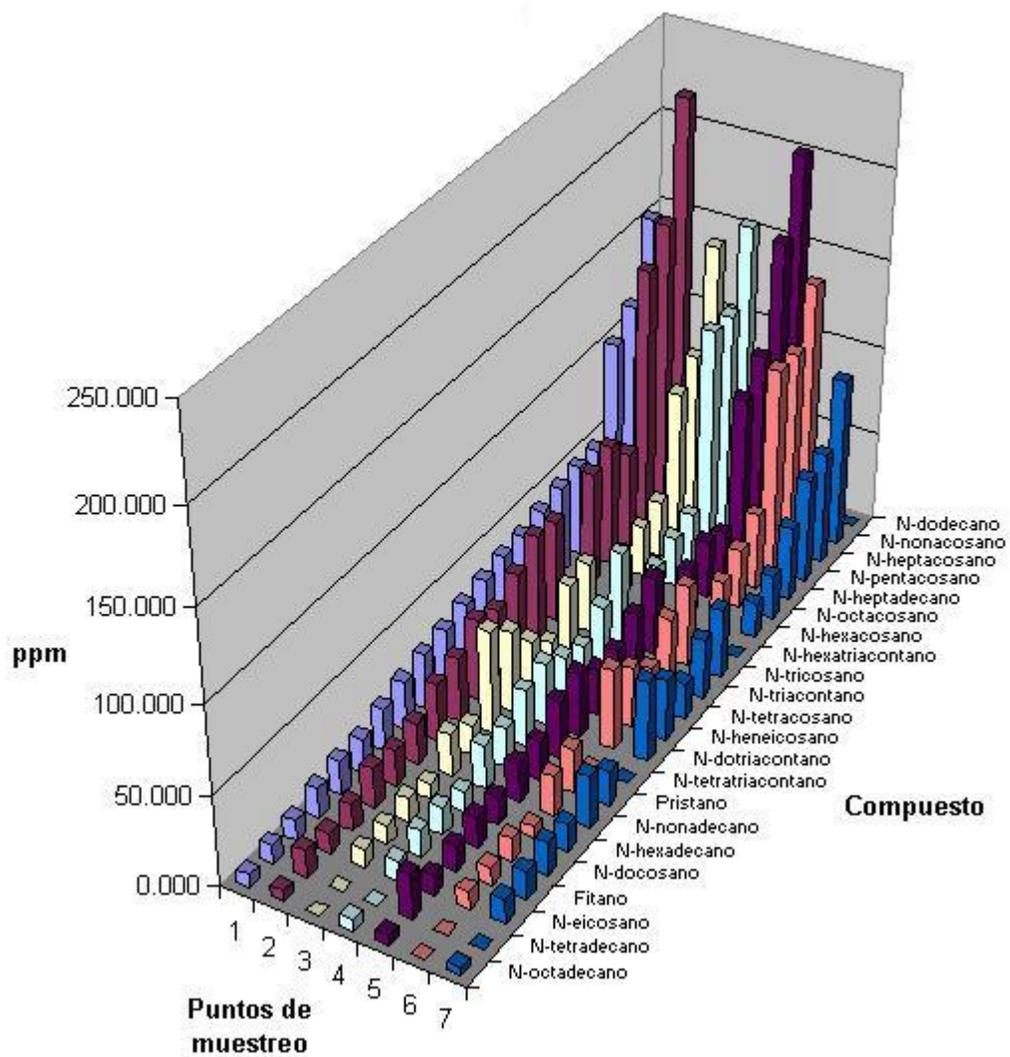


Hidrocarburos alifáticos en agua del segundo muestreo





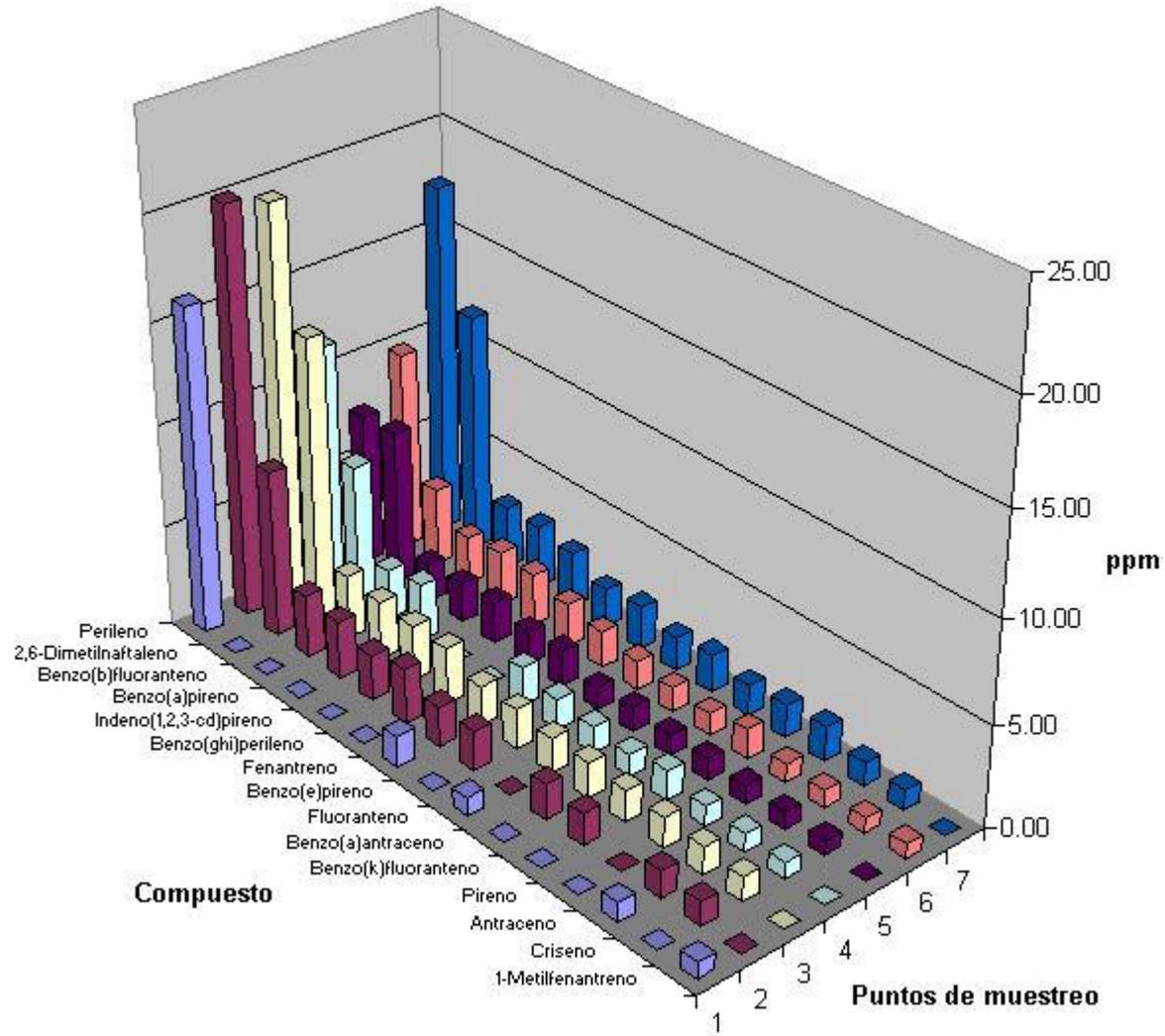
Hidrocarburos alifáticos en sedimento del segundo muestreo





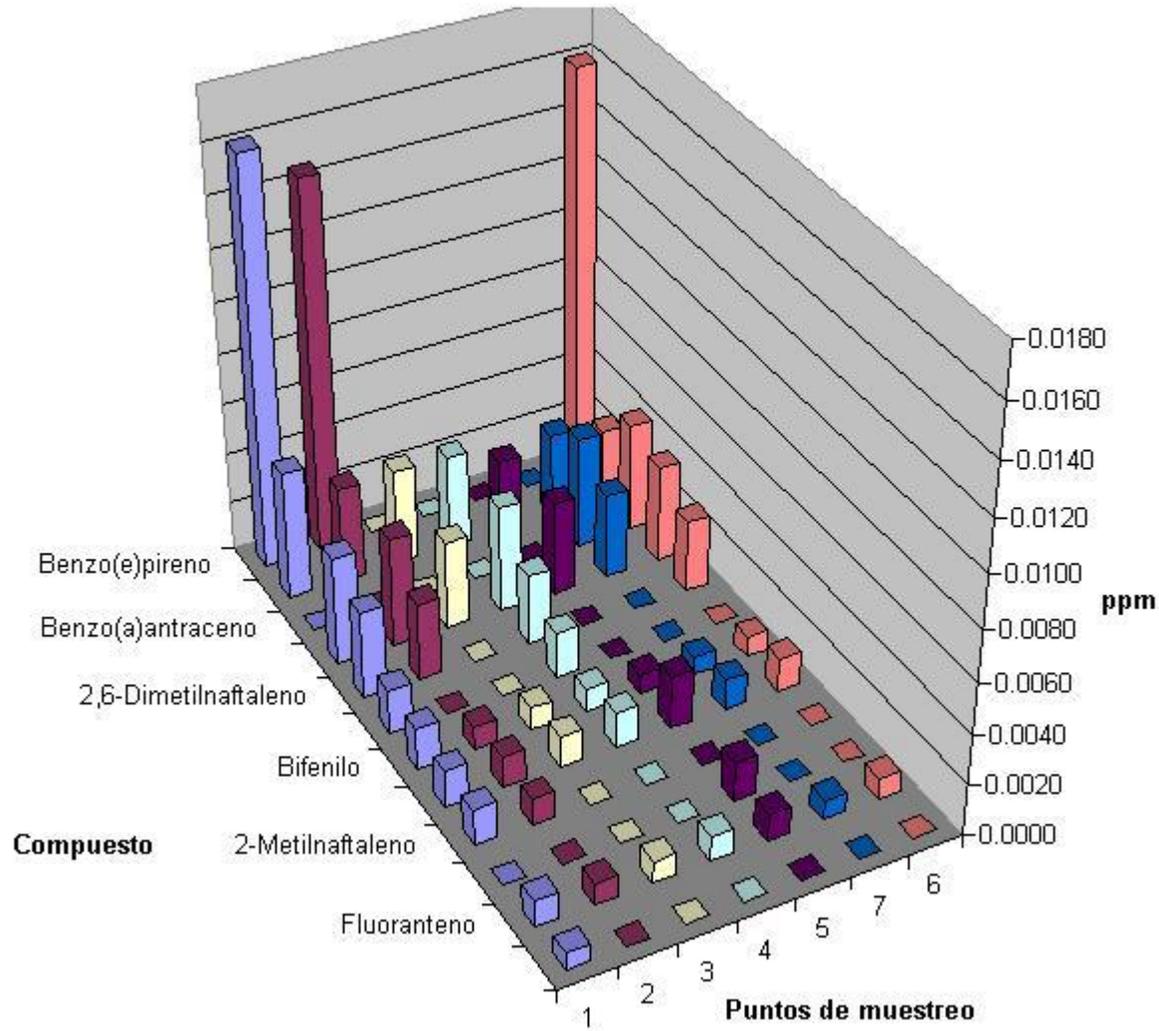


Hidrocarburos poliaromáticos en sedimento del primer muestreo





Hidrocarburos poliaromáticos en agua del segundo muestreo







9.-BIBLIOGRAFÍA

1. Amescua Linares F. y Yáñez Arancibia A., 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anales del Inst. de Ciencias del Mar y Limnología*. 7: 69-118
2. Ayllon T. T. & J. F. Chávez. 1994. México: sus recursos naturales y su población. Segunda Edición. Limusa. México.
3. Bejarano, F. Plaguicidas. [Red](http://www.laneta.apc.org/emis/sustanci/plaguici/plagui.htm#nom) de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México. www.laneta.apc.org/emis/sustanci/plaguici/plagui.htm#nom
4. Caso M., Pisanty I. y Ezcurra E. compiladores, 2004. Diagnóstico ambiental del Golfo de México vol 2, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)
5. Cruz Orozco J. W., V. M. Alba Cornejo, Machado Navarro A, 1989. Algunas consideraciones para el manejo ambiental de la zona costera de la Laguna de Términos, Campeche México. *Revista de Investigación Científica*, Vol. I n° 3; pags: 22-33
6. Dethier G.,1980. El abuso de los plaguicidas. Editorial, distribuidora Argentina SLR, Argentina. 203 pp.
7. Ellis Derek V., 2005. Biodiversity reduction on contaminated sediments in the sea: contamination or sediment mobility?. *Marine Pollution Bulletin*. 50:244-246
8. Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.
9. Galindo-Reyes J. G. , Fossatoà V. U., Villagrana-Lizarraga C. and Dolcià F.,1999. Pesticides in Water, Sediments, and Shrimp from a Coastal Lagoon off The Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 38:837-841
10. Hayes, W.J. and Laws E.R., 1990. Handbook of Pesticide Toxicology, Vol. 3, Classes of Pesticides. Academic Press, Inc., NY
11. INHST, Fichas Internacionales de Seguridad Química. 1997,1998
12. Lorenz S. F., 2004. Tesis de maestría. Dinámica de las partículas suspendidas en la zona oriente de la Laguna de Términos, 60p
13. Mancilla Peraza M. y Vargas Flores M., 1980. "Los primeros estudios sobre la circulación y el flujo neto de agua a través de la Laguna de





- Términos, Campeche". *Anales del Inst. de Ciencias del Mar y Limnología*, 7(2):1-12.
14. Orris, P., L. Kaatz Chary, K. Perry and J. Asbury. 2000. Persistent organic pollutants (POPs) and human health. A publication of the World Federation of Public Health Associations (WFPHA). Washington, DC. 45pp.
15. Rozas M., 1995. Plaguicidas en Chile, la guerra química y sus víctimas. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, Instituto de ecología Política. Santiago. 169 pp.
16. Russell M., Webster L., Walsham P., Packer G., Dalgarno E.J., McIntosh A.D y Moffat C.F., 2005. The effects of oil exploration and production in the Fladen Ground: Composition and concentration of hydrocarbons in sediment samples collected during 2001 and their comparison with sediment samples collected in 1989. *Marine Pollution Bulletin*. 50:638-651
17. SEMARNAP-INE, 1999. Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas. Serie Plaguicidas No. 1. México.
18. SEMARNAP-INE, 1999. ¿Por qué, para qué y cómo se evalúan los [riesgos](#) para la salud y el ambiente de los plaguicidas! Serie Plaguicidas No. 2
19. SEMARNAP-INE, 1999. Lo que usted debe saber sobre la [gestión](#) de los plaguicidas en México. Serie Plaguicidas No. 4. México
20. Shahidul I. Md. y Tanaka M., 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*. 48:624-649
21. SHANNON M. B., 1999. Global Transport of Anthropogenic Contaminants and the Consequences for the Arctic Marine Ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*. 38:356-379
22. Strobbe M., 1973. Orígenes y control de la contaminación Ambiental. Compañía Editorial continental S.A. Primera edición. 483pp.
23. Tamayo, J. L. 1962. Geografía General de México. Inst. Mexicano Inv. Econom., 2a. ed., tomos II-IV.
24. Turk A, J Turk, J Wittes & R Wittes, 1984. Tratado de ecología. Editorial interamericana, México S.A. Segunda edición. 530pp.





25. Vázquez G. F., Virender K. S. Magallanes V. R. and Marmolejo A. J., 1999. Heavy metals in a Coastal Lagoon of the Gulf of México. *Marine Pollution Bulletin*. 38:479-485
26. Yáñez-Arancibia, A. y P. Sanchez-Gil, 1988. Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos, Cáp. 3: 41-50. In: Yáñez-Arancibia A. y J.W. Day, Jr. (Eds) Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. *Inst. de Ciencias del Mar y Limnología*, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.
27. Wais de B, I Thiel & G Gentile, 1997. Contaminación en Ríos y Lagos. Editorial Lumen, Buenos Aires. 48 pp.
28. Weigel S., Bester K. y Hühnerfuss H., 2005. Identification and quantification of pesticides, industrial chemicals, and organobromine compounds of medium to high polarity in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 50:252-263

