

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

29  
168

CAUSAS MAS FRECUENTES DE LA  
CONTAMINACION DE AGUAS

TRABAJO ESCRITO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JORGE GABRIEL RODRIGUEZ PEREZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# I N D I C E

	Pag.
1.0 INTRODUCCION	1
2.0 FUENTES CONTAMINANTES	5
3.0 CAUSAS DE CONTAMINACION	8
3.1 Aguas residuales domésticas y desechos agrícolas	3
3.2 Detergentes	10
3.3 Plaguicidas	12
3.4 Petróleo y productos dispersos del petróleo	17
3.5 Desechos industriales: productos químicos orgánicos	20
3.6 Desechos industriales: productos químicos orgánicos	22
3.7 Materiales radiactivos	25
3.8 Desechos sólidos	29
4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31

## CAUSAS MAS FRECUENTES DE LA CONTAMINACION DE AGUAS.

### 1.0 INTRODUCCION

Desde los tiempos más remotos, las aguas de nuestro planeta han sido el lugar natural para arrojar en ellas los desechos inútiles. Hasta la fecha muy reciente, esto no era un problema si se excluyen algunas zonas muy localizadas próximas a grandes ciudades o actividades mineras.

Hoy sin embargo, se reconoce universalmente la gravedad de la contaminación de algunos arroyos, ríos y lagos.

Incluso los mares se ven amenazados debido a los grandes centros de población e industrias situadas en sus costas y al volumen cada vez mayor del transporte marítimo.

Además muchos contaminantes industriales son acarreados a grandes distancias por la atmósfera, lo que hace que las actividades tecnológicas del hombre tengan una repercusión directa en la totalidad de los océanos, pese a que éstos cubren el 70% de la superficie del globo.

La contaminación en rápido crecimiento de nuestro medio natural acuático, guarda relación con tres problemas de alcance mundial, que deben ser evaluados, y a su debido tiempo denominados, si se quiere que tenga éxito la lucha contra la contaminación. Estos problemas son: el incremento de la población mundial, combinada con su concentración en algunas regiones; la creciente demanda de bienes materiales por parte del individuo medio, y el carácter limitado de los recursos naturales renovables

y no renovables.

En los primeros tiempos de la existencia del hombre, el crecimiento demográfico era muy lento y su plazo de duplicación era de 1000 a 5000 años.

Entre el primer siglo de la era cristiana y el descubrimiento del nuevo mundo (siglo XV D.C.), la población se duplicó aproximadamente cada 200 años. Con el descubrimiento y la colonización del continente americano por los europeos, y la revolución industrial que vino a continuación, la disponibilidad de nuevo espacio para vivir y de nuevos objetos de consumo produjo un crecimiento demográfico explosivo.

Hacia 1830, la población mundial había llegado a 1000 millones de personas; esa población se duplicó en los 100 años siguientes, y 30 años después (en 1960) llegó a 3000 millones.

El número total de seres humanos es hoy de unos 4,500 millones y sigue aumentando con rapidez de tal forma que para 1985 se calcula sea de 5,000 millones.

Dentro de los 100 años últimos, los enormes progresos realizados en el campo de la medicina y la sanidad pública han ampliado en gran proporción las perspectivas de vida, en casi todo el mundo.

Sólo puede alcanzarse un nivel de población estable cuando se hayan igualado las tasas de nacimiento y defunción.

Cada uno de los individuos de esa población creciente utiliza un número cada vez mayor de bienes materiales y con ello aumenta la producción de desechos y agrava el problema de la contaminación.

Se ha calculado que una persona nacida hoy en los Estados Unidos de Norteamérica utiliza durante su vida un volúmen 50 veces mayor de bienes materiales que otra nacida en un país en desarrollo. En algunos casos, no se usan los bienes materiales en el sentido de consumirlos, sino que meramente se vuelven a distribuir en el medio.

En otros casos, sin embargo, se convierte el recurso natural en elementos totalmente diferentes. Cuando se quema gas, petróleo o carbón, el material se transforma irreversiblemente en energía que se utiliza por poco tiempo, antes de que se escape en forma de calor residual y de anhídrido carbónico y agua, que se incorporan al medio. El hierro y otros elementos metálicos que se usan y se distribuyen de nuevo, y los combustibles fósiles que se queman, son ejemplos de recursos no renovables.

Constantemente se pueden encontrar y se producen sustitutos de muchos de los bienes materiales que utilizamos. La energía solar total que llega a la tierra excede con mucho a cualquier uso de energía por parte del hombre que se pueda prever y constantemente se están buscando procedimientos técnicos para el aprovechamiento de la energía solar, aparte del ciclo biológico. La potencia nuclear puede, en último término, proporcionar

una fuente de energía prácticamente ilimitada, pero ello creará nuevos problemas de contaminación de alcance probablemente mucho mayor que los que actualmente no podemos ya resolver.

Los productos plásticos y otros materiales artificiales pueden reemplazar a muchos materiales estructurales, pero también su producción crea nuevos problemas de contaminación.

El crecimiento de la población humana y su demanda cada vez mayor de bienes materiales, ha anulado muchas veces todos los intentos de combatir los problemas de la contaminación. La única solución a la contaminación es la devolución al ciclo de producción y de uso de la mayor cantidad posible de los materiales que empleamos y aún esto sólo representa una solución parcial.

La eliminación de los materiales de desecho constituye uno de los muchos usos legítimos antagónicos del medio acuático. El agua tiene una gran capacidad para purificarse y esta ha sido la base que ha servido para justificarse el lanzamiento de los desechos a las corrientes, ya que se opinaba que "la dilución es la solución de la contaminación".

Es cierto que, mientras una región este escasamente habitada, el agua es capaz de aceptar los desechos domésticos sin que tengan un gran efecto, y de purificarse a sí misma a medida que desciende su curso.

Pese a todo, cuando un sistema acuático recibe una carga demasiado pesada, los resultados pueden ser catastró

ficos. En muchas partes del mundo, los sistemas acuáticos están sobrecargados que ya no pueden sostener el nivel de utilización a que el hombre trata de someterse.

El presente trabajo tiene por objeto exponer lo que hoy se conoce con el nombre de efectos biológicos de la contaminación en el ambiente acuático, presentar las principales fuentes conocidas de la contaminación.



## 2.0 FUENTES CONTAMINANTES

El hombre produce una gran diversidad de contaminantes, muchos de los cuales llegan al medio acuático directa o indirectamente, algunos de ellos (por ejemplo, la mayoría de los materiales orgánicos), se descomponen por obra de los procesos biológicos normales, pero otros, como los plaguicidas a base de los hidrocarburos clorados, resisten a la descomposición y subsisten durante largo tiempo en el medio acuático.

Para estos contaminantes persistentes, el océano es el desagüe último dentro del cual se acumulan en el agua, en los organismos o en los sedimentos del fondo. Estos contaminantes persistentes llegan al mar por conducto de muy diversos mecanismos de transporte.- algunos son lixiviados de la tierra o arrastrados al mar por los ríos como sedimentos de los suelos erosionados; algunos se introducen deliberadamente en los ríos o directamente en el océano para liberarse de desechos domésticos e industriales; algunos son arrojados al mar desde los buques o son consecuencia directa de la operación de los mismos; otros son transportados a grandes distancias por la atmósfera desde su lugar de origen antes de volver a ser lanzados por las lluvias tanto a la tierra como al mar. La importancia relativa de éstos diversos mecanismos de transporte depende del carácter y el origen del contaminante.

Los distintos contaminantes ejercen diferentes efectos sobre los organismos acuáticos vivientes y la pesca. Algunos estimulan el crecimiento de las plantas y po-

drían tener efectos benéficos si se regularan adecuadamente; otros son tóxicos y podrían destruir los organismos acuáticos o hacerlos impropios para el consumo humano; otros pueden ser inocuos y tener escaso o nigún efecto en el ecosistema acuático.

---

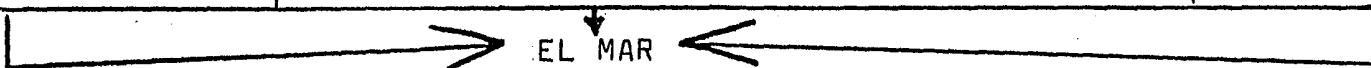
A continuación se indican las fuentes de contaminación más frecuentes:

- Aguas residuales domésticas y desechos agrícolas.
- Detergentes.
- Plaguicidas.
- Petróleo y productos dispersores del Petróleo.
- Desechos Industriales: Productos químicos orgánicos.
- Desechos Industriales: Productos químicos inorgánicos.
- Materiales radiactivos.
- Desechos sólidos.

FIG. 1

ORIGEN DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS  
DEL MAR

LA TIERRA	ACTIVIDADES MARINAS			EL AIRE
<p>Descargas en los Ríos.    Descarga en las costas -    Escorrentia agrícola</p>	<p>Descargas desde Barcos y gabarras.</p>	<p>Contaminación intencional - Causada por embarcaciones</p>	<p>Contaminación accidental - Causada por embarcaciones del subsuelo marino.</p>	<p>Compuestos y partículas volátiles.</p>
<p>EJEMPLOS</p> <p>Aguas negras.    Aguas Negras.    Aguas Negras</p> <p>Desechos industriales.    Desechos de elaboración de alimentos.    Desechos industriales.</p> <p>Fertilizantes.</p>	<p>EJEMPLOS</p> <p>Aguas Negras.    Lavado de los tanques de los cargueros que transportan por ejemplo hidrocarburos</p> <p>Hidrocarburos y otras sustancias nocivas.</p> <p>Minerales</p> <p>Cascajos</p>			<p>EJEMPLO</p> <p>Productos de Combustión de Vehículos.</p> <p>Plaguicidas</p>



### 3.0 CAUSAS DE CONTAMINACION

#### 3.1 Aguas residuales domésticas y desechos agrícolas.

Las aguas residuales domésticas y algunos desechos agrícolas fertilizan las aguas y aumentan el índice de productividad del ecosistema. No obstante, cuando están excesivamente fertilizados, las aguas se vuelven eutróficas y el crecimiento excesivo de plantas y algas constituye un serio problema. La eutroficación de los lagos constituye un grave problema en casi todos los países desarrollados y puede servir de modelo de lo que ocurrirá probablemente a las estuarios y a la faja costera de los océanos si persisten las tendencias actuales.

Los lagos que se habían mantenido claros y limpios durante miles de años, se han vuelto repulsivos y malolientes en un plazo de 10 años después de haberse introducido los efluentes fabricados por el hombre. El volumen excesivo de nutrientes modifica la comunidad de las algas, que pasa de comprender una gran variedad de especies a solo una o pocas especies; las especies que quedan eliminadas son por lo general aquellas que componen la alimentación de los animales herbívoros que, a su vez, aumentan a los recursos pesqueros de la zona.

Las especies que crecen con mayor abundancia son generalmente algas verdiazules u otras especies que, en su mayor parte, son impropias para la alimentación de los animales herbívoros. Los cambios

en la población vegetal causan así, indirectamente, modificaciones de todo el ecosistema, que afectan incluso a organismos a los que no alcanza directamente la contaminación.

Cuando los desechos domésticos no tratados y sin materiales tóxicos se descargan en un medio acuático son rápidamente atacados por bacterias y se descomponen en sus constituyentes inorgánicos, - asimilando el oxígeno disuelto en el agua durante este proceso. Cuando esto ocurre en extensiones limitadas de agua, como lagos, estuarios y bahías, - donde la circulación acuática es restringida, el oxígeno utilizado para, la descomposición de los desechos puede ser superior al contenido en oxígeno del agua. La masa de agua queda entonces privada de oxígeno y perecen casi todas las formas de vida animal.

Toda instalación de tratamiento produce también un lodo formado por los materiales sólidos extraídos de las aguas residuales. La mayoría de los municipios emplean este lodo en las tierras después de su mineralización, aunque en algunos lugares es esecado e incinerado ó se emplea como enmienda o abono de los suelos. No es un fertilizante muy bueno debido a que los nutrientes que contiene el lodo, no están en las proporciones que las plantas necesitan. Ello podría mejorarse enriqueciéndolo con los nutrientes deficitarios.

### 3.2 Detergentes.

Los detergentes que hoy se usan son causa de un 60 por ciento aproximadamente del contenido en fósforo del efluente de las aguas residuales en algunos países desarrollados. Por ello contribuyen al problema de la eutroficación. Sin embargo, los efluentes de aguas residuales ya son, por lo general, ricos en fósforo, pues contienen unas 2 1/2 veces más peso de fósforo que de nitrógeno.

Como hemos visto, las poblaciones vegetales normales del medio acuático necesitan menos fósforo que nitrógeno y por ello aún cuando se suprimiera de las aguas residuales todo el fósforo de los detergentes, el producto seguiría siendo desequilibrado y deficiente en compuestos nitrógenados. Sin embargo ello en algunas zonas podría compensarse con el empleo de desechos de la agricultura y las industrias que son ricos en nitrógeno.

La fijación biológica del nitrógeno procedente de la atmósfera puede ser realizada por diversas bacterias y algas verdiazules. Cuando el contenido en fósforo del agua es excesiva y el nitrógeno disponible ha sido completamente absorbido por el crecimiento de las plantas, se presentan las condiciones ideales para el desarrollo de esas poblaciones fijadoras del nitrógeno. Así, en el sistema natural, el fósforo en cantidades excesivas puede producir un crecimiento inconveniente de las algas verdiazules y las bacterias, aún cuando estuviera agotado el suministro disponible de

nitrógeno de la masa de agua. Las algas verdiazules son el tipo de organismo que produce la decoloración del agua y el mal olor característicos de la eutroficación.

En muchos estuarios y zonas costeras, el crecimiento de la población de fitoplancton esta ya limitado por el bajo contenido de nitrógeno del agua. Los intentos actuales para sustituir al fósforo en los detergentes con compuestos nitrógenados podían ser ciertamente tan dañinos, en el sentido de un enriquecimiento excesivo del agua, como lo sería la continuación del empleo presente de compuestos fósforados, ya que añadiría constantemente un nutriente esencial que escaseaba en el agua, y se llegaría así, en determinadas condiciones, a hacer que el propio efluente fuera un fertilizante aún mejor, con las consecuencias que pueden suponerse en cuanto a la aceleración de la eutroficación.

Aún no se ha evaluado en forma adecuada la reciente introducción de enzimas activas en los productos para lavar. Su excesiva concentración en las aguas residuales podrían dificultar los procesos biológicos en la planta de tratamiento normal de los residuos, y hacerlos ineficaces. Se pretende que estas enzimas se deteriorarán rápidamente en el agua o en las aguas residuales antes de que estas lleguen a la planta de tratamiento y que el efluente que salga de la misma solo contendrá insignificantes cantidades. Se necesitarán nuevas investigaciones para comprobar si efectivamente es así.

### 3.3 Plaguicidas

El DDT y otros plaguicidas a base de hidrocarburos clorados tales como la dieldrina, endrina, toxafeno heptacloro y clordano, se han venido utilizando en gran escala desde mediados del decenio de 1940 y - en los últimos años su producción media estaba aumentando en un 8 por ciento al año aproximadamente.

Debe ponerse de relieve que estos hidrocarburos - clorados, son tipos únicos de compuestos artificiales y presentan grandes diferencias con respecto a los tipos naturales del material orgánico que las bacterias pueden descomponer con facilidad.- Como no han surgido ni bacterias ni organismos de otra clase que sean capaces de descomponerlos rápidamente, estos hidrocarburos clorados persisten en el medio durante largos períodos.

Los beneficios a corto plazo del DDT son indiscutibles. Se ha eliminado prácticamente la malaria de algunas regiones en que antes reinaba, utilizando el DDT para matar a los mosquitos anófales que transmitían la enfermedad.

Han sido espectaculares los resultados de la lucha contra las plagas de insectos en los cultivos comerciales. Se ha calculado que el agricultor gana unas 5 veces más en valor de su producción, que la cantidad de dinero que ha invertido en la compra de DDT para luchar contra las plagas de insectos, pero los efectos secundarios inesperados del uso del DDT son ahora también innegables.



En el siguiente cuadro se expone la relación entre el uso de plaguicidas y los rendimientos de los cultivos en diversas partes del mundo.

REGION O NACION	USO DE PLAGUICIDAS		RENDIMIENTO	
	Gramos por Hectárea	Orden	Kilogramos por Hectárea.	Orden
Japón .....	10790	1	5480	1
Europa .....	1870	2	3430	2
Estados Unidos ..	1490	3	2600	3
América Latina ..	220	4	1970	4
Oceanía .....	198	5	1570	5
India .....	149	6	820	7
Africa .....	127	7	1210	6

Con el uso continuado del DDT en los cultivos de una región determinada, sin embargo, las estirpes de la plaga que se trata de combatir, se hacen cada vez más resistentes al DDT, por lo que el índice de aplicación de éste tiene que ser aumentado gradualmente en el curso de los años.

Muchas de las aves que pasan la mayor parte de su vida en el mar, así como otros muchos predadores (águilas, halcones peregrinos y águilas marinas) han sufrido grandes reducciones de sus poblaciones como resultado de la acumulación del DDT en sus te

cidos. El DDT interfiere en la reproducción y los huevos no llegan a madurar porque se rompen durante la incubación.

El fitoplancton de las aguas superficiales es el productor y la fuente primaria de todo el material orgánico que alimenta a otros organismos del mar. La fotosíntesis de las algas marinas unicelulares es impedida por concentraciones de DDT de 10 partes por 1000 millones o más.

Como el DDT se acumula en las reservas de grasa de los organismos, tiende a hacerse cada vez más concentrado a medida que pasa a niveles más altos de la cadena alimenticia (Ver Fig. 2).

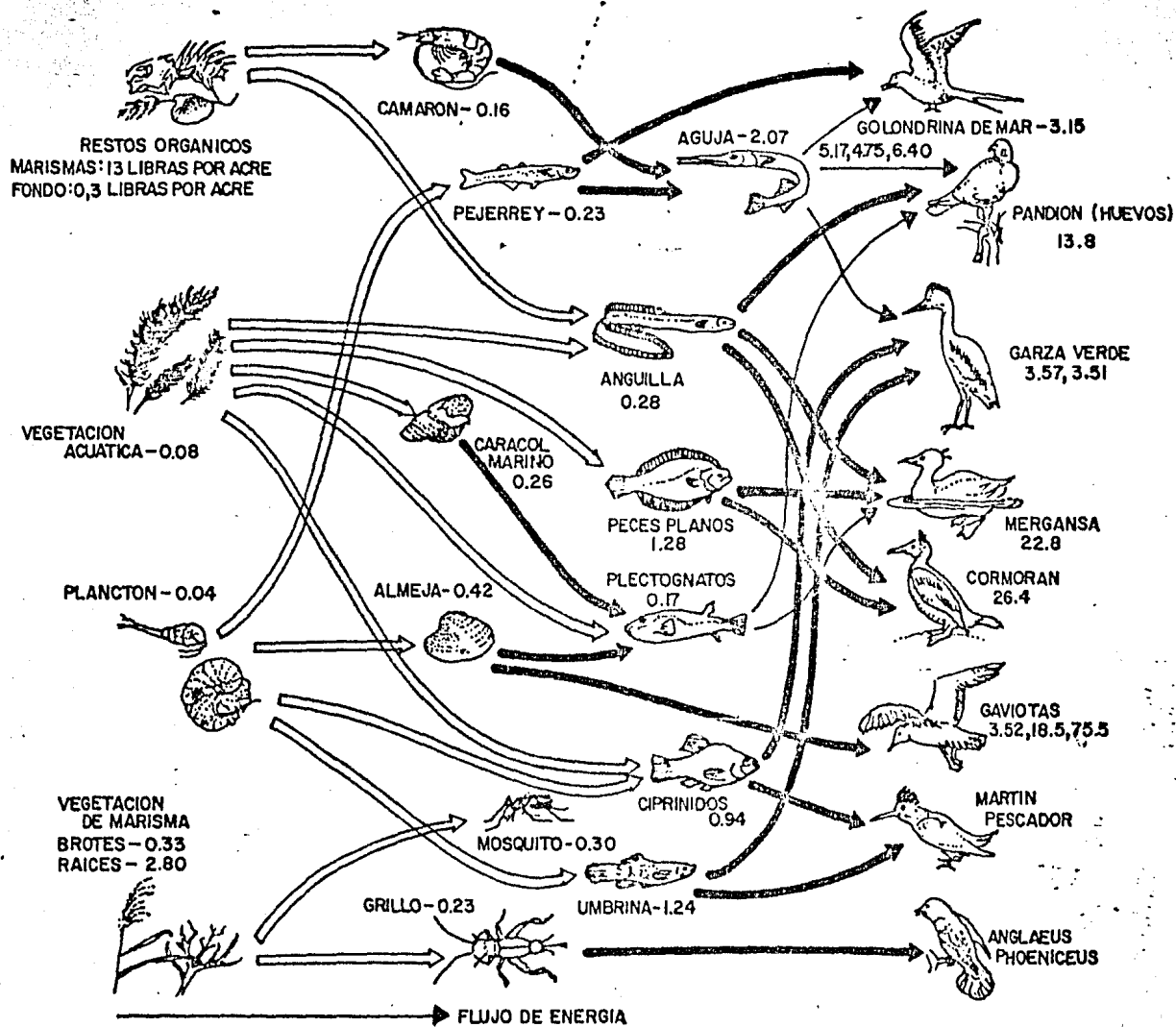
El Zooplancton herbívoro acumula concentraciones de DDT de las que se encuentran en el fitoplancton que come, debido a que no está metabolizado y se almacena en sus tejidos grasos.

El uso general para fines agrícolas del DDT ha sido prohibido en muchos países, y en los países desarrollados ha ido disminuyendo.

Existen varios insecticidas sustitutivos que son menos persistentes que el DDT en el ambiente y que rápidamente se descomponen y se hacen inofensivos. La falta de persistencia en el ambiente significa también que es preciso hacer aplicaciones más frecuentes para obtener el mismo grado de regulación.

FIG. 2

PARTE DE UNA RED ALIMENTARIA EN UN ESTUARIO DE LONG ISLAND.



También muchos de los compuestos orgánicos fosfatados son más tóxicos para los mamíferos y para el hombre que el DDT. Por ejemplo en el Estado de Chiapas, para erradicar a la mosca del Mediterráneo, se usaron malaciones fosfatados los cuales arrasaban con toda la fauna y se ha pensado en el uso del DDT nuevamente ya que su acción es más específica sobre las plagas.

Se ha permitido el uso del toxafeno+DDT en los plántos cuyos productos no son comestibles, como el algodón, al cual se le aplica antes de la floración o sea antes de su cosecha. También a nivel casero se permite su uso, pero en baja escala.

Como información, la Compañía Fertimex es el único que elabora y distribuye el DDT en México, inclusive es el único que lo exporta.

#### TOXICIDAD Y PELIGROS DE ALGUNOS INSECTICIDAS QUE PUEDEN SUSTITUIR AL DDT.

Insecticida	Tasas de LD <sub>50</sub> <sup>1</sup>	
	Oral Aguda	Dermal Aguda
	Mg/Kg	
Forato .....	1.1-2.3	2.5-6.0
Dimetol .....	2.5-6.2	8.0-14.0
Paratión .....	3.6-13.0	7.0-21.0
Etión .....	27.0-65.0	62.0-245.0
DDT .....	113.0-118.0	2510

1.- Ingesta oral que tiene efectos mortales en el 50% de una Población de prueba.

2.- Contacto con la piel que tiene efectos mortales en el 50% de una población de prueba.

### 3.4 Petróleo y Productos dispersos del Petróleo.

El petróleo se está convirtiendo rápidamente en uno de los contaminantes del océano más extendidos. Se ha calculado que cada año pueden entrar en el océano entre 1 a 10 millones de toneladas de petróleo. La mayor parte de este influjo de hidrocarburos se produce en las regiones costeras.

Todos los petróleos crudos contienen elementos que son tóxicos para los organismos marinos. Algunos de ellos son solubles en el agua, otros se evaporan en la superficie, otros forman manchas de petróleo extensas y desparramadas y algunos caen al fondo y atraen grandes cantidades de arena a los glóbulos del petróleo.

Algunos de los primeros estudios sobre los efectos del petróleo, padecían de la falta de métodos adecuados de análisis. Solo en fecha reciente los progresos de la cromatografía de los gases, han hecho posible aislar e identificar diversas fracciones del petróleo y seguir las a medida que entraban en el sistema ecológico del mar y se transferían de un organismo a otro.

La inmersión en petróleo y la muerte subsiguiente de grandes cantidades de aves marinas, constituyen uno de los efectos primeros y más aparentes de los derrames de petróleo.

Dos de los derrames de petróleo que han tenido más

publicidad en los últimos años, fueron el naufragio del Torrey Canyon y la voladura de un pozo petrolífero en Santa Bárbara, California Estados Unidos de Norteamérica.

Un derrame relativamente pequeño de petróleo en West Falmouth, M.E.U. de Norteamérica, ha sido el que se ha estudiado con más intensidad de todos los hechos análogos hasta ahora ocurridos. Inmediatamente después del accidente se produjo una destrucción en masa de la vida marina. Una gran diversidad de peces, mariscos, gusanos, cangrejos y otros crustáceos é invertebrados resultaron muertos. Los peces y langostas que viven en el fondo también perecieron y fueron arrastrados a la playa. En pocos días, casi todos los animales muertos habían desaparecido así como todas las pruebas visuales de la presencia del petróleo. Sin embargo con detenidos análisis químicos y biológicos, se demostró que incluso un año y medio después del derrame, se encontraban fracciones identificables del petróleo originario en organismos que aún sobrevivían en el perímetro de la zona afectada.

Una observación del hecho anterior es que los hidrocarburos que son ingeridos por organismos marinos pueden pasar a través de las paredes intestinales y convertirse en parte de las reservas grasas. Una vez disueltos en los tejidos grasos de los organismos, se conservan incluso los hidrocarburos relativamente inestables. En ese lugar están protegidos del ataque de las bacterias y pueden ser transfe-

ridas desde la presa a los predadores y posiblemente al hombre.

Los hidrocarburos que caen al mar pueden ser descompuestos por microorganismos marinos. Hasta ahora se sabe muy poco sobre el ritmo de esta degradación, pero no existe ninguna especie microbiana que pueda degradar a ningún petróleo crudo completo. Las bacterias son sumamente específicas y se necesitan diversas especies de las mismas para descomponer los numerosos tipos de hidrocarburos que entran en el petróleo crudo. En este proceso de descomposición se forman productos intermedios y se requieren a su vez diferentes especies de bacterias para atacar a esos productos de descomposición.

Por desgracia la fracción del petróleo crudo más fácil de atacar es la menos tóxica, que es la constituida por las parafinas normales. Los hidrocarburos aromáticos tóxicos, especialmente los polinucleáres aromáticos carcinogénicos, no son atacados con facilidad.

El hecho de que las aguas costeras no estén desprovistas de vida marina, aún después de decenios de contaminación petrolífera, indica que el mar es capaz de recuperarse de este tipo de contaminación. No obstante, es por desgracia un hecho que, una vez que se ha rebasado la capacidad de recuperación de un medio, el deterioro puede ser rápido y catastrófico. No sabemos que volumen de contaminación petrolífera podría aceptar el océano sin dejar de recuperarse de sus efectos.



### 3.5 Desechos Industriales: productos Químicos Organicos.

Existen varios millares de tipos de productos químicos orgánicos creados por la industria o como subproducto de procesos industriales. La industria petroquímica - está muy diversificada y los desechos petroquímicos - contienen tanto productos inorgánicos (por ejemplo: metales pesados, ácidos y cloro) como materiales orgánicos. Algunos de los primeros estropean el sabor - de los productos marinos, o bien son carcinogénicos y pueden acumularse en los productos marinos y transmitirse así al hombre.

Otros muchos compuestos orgánicos se producen como resultado de procesos industriales de desecho de las fábricas de pasta y papel. La eliminación de esos materiales en el medio acuático pueden plantear una gran diversidad de problemas. El agua de los sistemas municipales dejaría de ser potable; los peces y otras formas de vida acuática podrían morir; las aguas de los ríos o las que rodean las playas podrían quedar contaminadas por materiales aceitosos, viscosos, coloreados o malolientes, lo que las hace impropias para actividades recreativas, y también pueden surgir olores y vapores nocivos procedentes de las aguas sucias que contaminan la atmósfera inmediata.

Si estos materiales orgánicos son descompuestos por las bacterias acuáticas, exigirán una dotación bioquímica de oxígeno, al igual que las aguas residuales no tratadas, pero que pueden hacer que el agua se vuelva tóxica y produzca gases peligrosos, como el ácido sulfuroso y el metano, que acaban con la mayor parte de la vida acuática de la zona.

En el cuadro cinco se presenta un esquema general para evaluar los productos químicos sobre la base de su toxicidad para el hombre y para la vida acuática y sus efectos con respecto a la estética.

El grado de toxicidad en cada uno de los productos químicos examinados, es diferente, según cada uno de esos tres criterios. Por ejemplo: un producto químico inodoro, insípido y soluble en agua, puede ser muy tóxico para la vida acuática, pero no tener ningún efecto desde el punto de vista estético. Si ese producto químico se lanzará al agua potable, podría ser también peligroso para el consumo humano, pero el mismo material arrojado al agua del mar carecería de toxicidad para el hombre, ya que el mar no es una fuente de agua potable.

CUADRO 5.- ESQUEMA DE UN SISTEMA DE EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LOS DESECHOS ORGANICOS EN LA CONTAMINACION DEL AGUA.

CLASE	TOXICIDAD PARA EL HOMBRE	TOXICIDAD ACUATICA	EFFECTOS ESTETICOS
0	No tóxico: LD <sub>50</sub> 15g/kg	Límites de umbral-agudos por encima de 10000 ppm.	Contaminación poco importante: gases y líquidos inodoros.
1	Prácticamente no tóxico: LD <sub>50</sub> 5-15 g/kg.	Límites de umbral-de 1000 a 10000 ppm.	Aceites ligeros y productos químicos solubles de poco olor.
2	Ligeramente tóxico: LD <sub>50</sub> 0.5 a 5 g/kg.	Límites de umbral de 100 a 1000 ppm	Aceites de poco olor: punto de ebullición 65.5° - 169°C
3	Medianamente tóxico: LD <sub>50</sub> 50-500 mg/kg.	Límites de umbral-de 1 a 100 ppm.	Aceites ligeramente coloreados y de alta temperatura de ebullición: - compuestos odoríferos solubles al agua.
4	Productos químicos tóxicos: LD <sub>50</sub> < 50mg/kg.	Límites de umbral-por debajo de 1 ppm.	Aceites pesados, - coloreados o malolientes.

### 3.6 Desechos Industriales: Productos Químicos Inorgánicos

Un gran número de productos químicos inorgánicos se agregan al medio acuático en calidad de productos de desecho. Esos productos varían desde los inocuos a los muy tóxicos y, en algunos casos, sus efectos sobre los sistemas de agua dulce pueden ser muy diferentes de los que producen en el medio marino.

La adición al agua dulce de ácidos y bases, que son productos de desecho comunes de muchos procesos industriales, pueden tener un profundo efecto, ya que muchos organismos son sumamente sensibles a la acidez o alcalinidad del agua en que viven.

El agua del mar, debido a las sales particulares que contiene, puede neutralizar los ácidos y los álcalis, por lo que la adición de esos compuestos al medio marino tiene poco efecto. Otros elementos que abundan en el agua de mar ejercerán efectos secundarios si se añaden al agua de mar, pero pueden tener un gran efecto en el agua dulce. En esa categoría de elementos figuran sodio, cloro, potasio, calcio, magnesio y los iones sulfatados.

Todos los elementos presentes en los suelos y las rocas de la tierra están sometidas continuamente a erosión y añadidos al sistema acuático en virtud de procesos geológicos naturales. En muchas regiones del mundo, el hombre ha aumentado este índice de erosión con prácticas agrícolas y forestales deficientes, pero incluso en los territorios vírgenes, los ríos es-

tán constantemente acarreando al mar una gran diversidad de elementos.

Los datos contenidos en el cuadro seis señalan 13 - elementos con respecto a los cuales los índices de movilización causados por el hombre, son mayores que los índices geológicos.

CUADRO 6.- INDICES CAUSADOS POR EL HOMBRE DE MOVILIZACION DE MATERIALES QUE SUPERAN A LOS INDICES GEOLOGICOS CALCULADOS SEGUN LA DESCARGA ANUAL DE RIOS EN LOS OCEANOS.

Elemento	Indices Geológicos (en los ríos)	Indices causados por el hombre (minería)
HIERRO	25000	319000
NITROGENO	8500	9800
MANGANESO	440	1600
COBRE	375	4460
NIQUEL	300	358
PLOMO	180	2330
FOSFORO	180	6500
MOLIBDENO	13	57
PLATA	5	7
MERCURIO	3	7
ZINC	370	3930
ESTAÑO	1.5	166
ANTIMONIO	1.3	40

Los efectos biológicos de los elementos fertilizantes (el nitrógeno y el fósforo) se han discutido antes.

El hierro que en el cuadro anterior presenta los mayores índices causados por el hombre, es un elemento relativamente no tóxico y ha tenido poco efecto en la biología de los sistemas marinos y de agua dulce.

Los restantes elementos del cuadro son tóxicos hasta cierto grado. Los elementos tóxicos más importantes en términos de su efecto sobre los sistemas biológicos naturales del medio acuático son el mercurio, el cobre, el plomo, el cadmio, el cromo, el zinc, el níquel y el arsenico.

El mercurio es un material altamente tóxico, tanto para los seres humanos como para la vida acuática y ha sido distribuido en muy amplia escala en el medio. El mercurio, al igual que otros metales pesados tóxicos, se acumula en los organismos, donde se mantiene durante largos períodos, y actúa como un veneno acumulativo; se utiliza en muchos procesos industriales ya como material de desecho efluente, o bien por conducto de la atmósfera. El mercurio tiene una alta presión de vapor a la temperatura ambiente y emite constantemente vapores en el aire; es muy utilizado en plaguicidas para la agricultura.

Aunque las sales inorgánicas de mercurio son tóxicas, algunos compuestos orgánicos de mercurio lo son aún más. En el medio acuático por medio de la actividad bacteriológica, el mercurio se convierte en mercurio metílico, que puede ser acumulado por los peces o los

crustáceos y es sumamente tóxico para los seres humanos.

El plomo es otro ejemplo de metal pesado tóxico, que se ha distribuido en gran escala en el medio global. El plomo tetraetílico se le ha venido agregando a la gasolina como antidetonante, pero a medida que la gasolina se quema, se emite plomo a la atmósfera, que según se ha demostrado afecta el crecimiento de las plantas emplazadas cerca de las carreteras con tráfico intenso.

En términos del medio acuático, el plomo, lo mismo que todos los demás contaminantes transportados por la atmósfera, puede ser llevado a grandes distancias de su origen y depositado en forma de partículas o disuelto en las lluvias que caen sobre el mar. Se ha demostrado que su concentración en las aguas superficiales del mar es superior a la concentración normal y aún mayor en aguas profundas.

FIG. 3

RIOS Y CUENCAS LACUSTRES DE MEXICO Y ZONAS MAS AFECTADAS POR LA  
CONTAMINACION INDUSTRIAL



CONTAMINACION DE DIVERSAS INDUSTRIAS



CONTAMINACION DE POZOS Y REFINERIAS DE PETROLEO



### 3.7 Materiales Radiactivos

El problema de la contaminación del medio acuático por materiales radiactivos pertenece a un tipo especial y sumamente complejo.

La radiactividad puede plantear serios problemas de contaminación, ya que los isótopos radiactivos no solo pueden producir efectos inmediatos en los organismos vivientes, sino que, lo que es aún más importante, pueden producir mutaciones del material genético con graves consecuencias para las generaciones siguientes.

Los usos civiles de la energía nuclear están estrictamente controlados, pero la demanda cada vez mayor de energía eléctrica llevará a un mayor uso en el futuro de la potencia nuclear y no hay duda de que los problemas de la eliminación de los desechos radiactivos requerirán creciente atención.

La radiactividad puede llegar al medio acuático desde una gran diversidad de fuentes. Algunas de ellas están sometidas a vigilancia rigurosa, pero otras, como los escapes accidentales, son más difíciles de predecir y regular. Por los grandes riesgos que presenta el desarrollo de la energía atómica, su desarrollo debe seguir siendo observado y regulado con todo cuidado.

"Lluvia" procedente de las explosiones nucleares.

Cuando se realizaban intensas pruebas atmosféricas de armas nucleares, la concentración en la atmósfera y en el mar de radionucleidos iba progresivamente en aumento. Después de la prohibición de las pruebas atmosféricas, aceptada por casi todas las potencias nucleares, la cantidad de materiales radiactivos contenida en la atmósfera y en el mar ha ido bajando poco a poco como resultado de la desintegración radiactiva y su depósito en los sedimentos de los fondos.

Cuando se hacen explotar armas nucleares en la atmósfera, los desechos radiactivos pueden introducirse en niveles muy altos y ser distribuidos globalmente en un tiempo relativamente breve. Las partículas más grandes regresan rápidamente a unos pocos kilómetros de la explosión en forma de "Lluvia" pero los materiales más finos pueden ser transportados alrededor de la tierra y permanecer en el aire durante varios años.

Como resultado de las primeras pruebas de armas nucleares se ha podido detectar la presencia de radiactividad en todas las aguas terrestres y superficiales del mundo.

Centrales de energía nuclear.

El aumento previsto de la utilización de la energía nuclear para la producción de electricidad llevará consigo un aumento inevitable del volumen de desechos radiactivos que se produzcan.

Esos desechos muy concentrados se producen en las fábricas de elaboración, donde los productos de desecho de la fisión se separan del uranio no - fisionado, que después puede utilizarse de nuevo. Por lo general estos desechos líquidos de alta ra diactividad se almacenan en grandes depósitos de hormigón o acero en los lugares en que se producen y no se deja que lleguen al ambiente.

#### Otras fuentes.

Entre las otras fuentes de contaminación radiactiva del medio acuático se cuentan el uso de radioisótopos para experimentos en los laboratorios y los - usos médicos de los mismos. Los líquidos de desecho que se producen en esta forma tienen, por lo general, una concentración lo bastante baja para que se puedan eliminar a través del sistema de alcantarillado.

### 3.8 Desechos Sólidos

La eliminación de los desechos sólidos (una mezcla de desperdicios comerciales y domésticos, como papel, botellas, latas, etc.) se ha convertido en uno de los problemas más urgentes y difíciles de los centros urbanos congestionados de los países desarrollados, y se recurre cada vez más a la eliminación ese material de desecho en el mar. El automóvil constituye también una fuente de desechos sólidos considerables. Durante la vida de un automóvil pueden gastarse varios juegos de neumáticos que se van desechando y, en su momento, el propio automóvil es también desechado.

Otros tipos de materiales sólidos son el lodo producido en las fábricas de tratamiento de aguas residuales, el cual ya se arroja al mar en algunas localidades y los materiales procedentes del dragado de los puertos, que se utilizan para el relleno de tierras a lo largo de la costa, o bien se arrojan al océano.

La piedra y los escombros de construcción se utilizan en su mayor parte para operaciones de relleno de tierras, pero también algunos de ellos se arrojan al mar.

En algunos países los desechos se embalan y se arrojan en el mar a 100 m. de profundidad o más; para ello es necesario que tengan una densidad mayor que la del agua de mar y se hundan y que no se desprendan objetos flotantes al irse hundiendo.

Se ha demostrado que el índice de descomposición de los materiales orgánicos a la alta presión y baja temperatura de los fondos marinos es mucho más lento de los que sería a la misma temperatura pero a presión atmosférica.

En algunas grandes ciudades, que han venido arrojando regularmente los lodos residuales en las mismas zonas acotadas, se ha observado que las poblaciones que habitan normalmente las poblaciones han sido eliminadas o muy afectadas, tanto en su abundancias como en su composición.

Se ha demostrado en pruebas de laboratorio que los depósitos de lodo pueden producir la necrosis del caparazón de las langostas y cangrejos y tienden a obstruir sus agallas, por lo que la supervivencia de esas especies en contacto con los depósitos de lodo, es sumamente breve.

Como el medio marino tiene una enorme capacidad para recuperarse de las consecuencias de los abusos humanos es posible que durante los primeros años de esas operaciones de eliminación los lodos se descompusieran y se hicieran inócuos por obra de los procesos biológicos normales, pero cuando el ritmo de entrada del material orgánico de desecho en el medio acuático supera a la capacidad del medio, el índice de deterioro puede ser rápido y algunas veces irreversible.

#### 4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### Conclusiones:

El agua como recurso vital es base de la actividad del hombre y por ese motivo, con el crecimiento demográfico y el desarrollo de la humanidad, cada vez van siendo mayores los volúmenes de agua que se utilizan y con ello, más cuantiosos y en mayor grado, los volúmenes de agua que se contaminan.

En ocasiones, la degradación de la calidad del agua es un efecto local, del cual ese elemento por su efecto autodepurador, logra recuperarse; sin embargo, muchas veces se trata de un efecto permanente o tan perdurable, que hay que considerarlo como permanente. Una carga excesiva de materia contaminante satura la capacidad autodepuradora de las aguas y las convierte en lagos, ríos o mares muertos.

La contaminación del agua compromete el aprovechamiento de ésta, aguas abajo del punto en que se produce el fenómeno y daña la flora y fauna de los ríos y de los mares; en suma, altera el equilibrio ecológico, provocando con frecuencia fenómenos irreversibles que inciden directamente en perjuicio de la colectividad y van ocasionando mayor grado de dificultad al desarrollo.

La contaminación de las aguas provoca enfermedades incluyendo los trastornos mentales cuando contienen determinadas sustancias tóxicas como el mercurio.

Otros problemas que provoca son los del crecimiento - desmedido del lirio acuático o algas, así como la eutroficación la cual se origina por concentración de nutrientes en el agua, llevados por las aguas negras, las lluvias, aguas del riego agrícola, etc.

Referente a la contaminación radiactiva es necesario investigar profundamente, para determinar hasta qué - límites más allá de los drámicamente ya conocidos, afecta a la humanidad. Determinar la forma en que influye al incorporarse en la cadena alimenticia, su - ingestión y los efectos por las dosis que el hombre recibe.

México, aunque no alcanza todavía los niveles que tienen los países industrialmente desarrollados, en los que vienen afrontando graves problemas en materia de contaminación, con efectos deplorables y gastos exorbitantes por no haber atendido con oportunidad ese - aspecto de importancia capital, tiene ya, por las - características de concentración demográfica y de sus polos de desarrollo, regiones en las que la contaminación ambiental adquiere proporciones peligrosas.

Así, continuando con los efectos de la contaminación, - encontramos problemas en el suministro de agua para - fines domésticos, municipales e industriales, para el riego, el fomento de la ganadería, para el desarrollo de la pesca, para el turismo y la recreación y otros usos más.

Se aprecian además trastornos en la flora y fauna acuátics y en los aspectos estéticos.

## Recomendaciones:

Primeramente tenemos que una solución para eliminar - la eutroficación de los lagos y ríos sería el tratamiento terciario, que tiene por finalidad el suprimir parte de los fertilizantes fosfatados y nitrogenados - del efluente de aguas residuales, y podría ser a base de lodos terrestres, a base de diatomeas, de lodos activados con carbón de electrodiálisis con membrana permeable, de ósmosis inversa, de ultrafiltrados, de tratamiento con ultrasonidos, etc.

Otro procedimiento para evitar la eutroficación, es el desviar las aguas residuales, de las zonas acuáticas de circulación lentas, a zonas en que la circulación, mezcla y dilución sean mucho mayores.

El reciclado y la nueva utilización de los materiales valiosos que contienen los desechos domésticos y agrícolas, constituyen una solución potencial del problema - anterior, así como utilizar las aguas residuales en la agricultura.

Una solución para evitar o disminuir la contaminación industrial sería que cada fábrica tuviera su "agua de servicio" en circuito cerrado, siempre la misma y - siempre tratada después de usarla.

En cuanto a la contaminación producida por los detergentes, una solución para disminuirla, sería la introducción de enzimas activas en los productos para lavar, las cuales en poco tiempo se deterioran en el agua o en las aguas residuales antes de que éstas lleguen a la planta de tratamiento y que el efluente que salga de la misma, sólo contenga cantidades insignificantes.