

2ej. 11

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EFFECTOS CONTAMINANTES EN EL MEDIO MARINO
DEBIDO AL VERTIMIENTO DE LOS MATERIALES
PROCEDENTES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION
Y MEDIDAS PREVENTIVAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A :
HUGO ERNESTO FINKENTHAL-RIOS

MEXICO, D. F.

1984





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.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
Tema 1. GENERALIDADES.....	3
Tema 2. FLUIDOS DE PERFORACION Y ADITIVOS DE MAYOR EMPLEO PARA PERFORAR EN AREAS MARINAS.....	7
2.1 Definición de fluidos de perforación.....	7
2.2 Clasificación de los diferentes sistemas.....	7
2.2.1) Sistema base agua.....	7
2.2.2) Sistema base aceite.....	9
2.3 Funciones de los fluidos de perforación.....	10
2.4 Aditivos para su control.....	11
2.5 Productos especiales y su función en los fluidos de perforación.....	12
Tema 3. LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS MARINAS QUE SON MAS AFECTADAS EN MEXICO POR EL DERRAME DE FLUIDOS DE PERFORACION.....	14
3.1 Características de la Cuenca.....	14
3.2 Condiciones Meteorológicas.....	14
3.3 Características Físico - Químicas.....	15
Tema 4. DAÑOS FISICOS QUE OCASIONAN LOS ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LOS FLUIDOS DE PERFORACION EN AREAS MARINAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	22
4.1 Elementos de uso común en la elaboración de los fluidos de perforación.....	22
4.2 Efectos. 4.2.1) Efecto subletal.....	24

4.2.2) Migraciones	24
4.2.3) Comportamiento o conducta	24
4.2.4) Incidencia de enfermedad	24
4.2.5) Ciclo de vida	25
4.2.6) Procesos Fisiológicos	25
4.2.7) Efectos Genéticos	25
4.2.8) Nutrición y cadenas alimenticias	25
4.2.9) Efectos sobre el ecosistema	26
4.2.10) El valor de los alimentos para el uso humano	26
4.2.11) Efectos de los materiales químicos inorgánicos inclu- yendo metales pesados y pH	26
4.2.12) Efectos biológicos	28
4.2.13) Metales	29
Bario	32
Bromo	33
Cloro	33
Cromo	35
Cobre	36
Fierro	37
Plomo	39
Fosforo	40
Zinc	42
4.3 Contaminación por petróleo	43
4.3.1) El petróleo en el medio marino	43
4.3.2) Destino del Petróleo	43
4.3.3) Efectos ecológicos	45
4.3.4) Efectos a largo plazo	46
4.3.5) Limpieza y control de los derrames de petróleo	48

4.4	Medidas preventivas	51
	CONCLUSIONES.....	53
	GLOSARIO.....	54
	BIBLIOGRAFIA.....	57

INTRODUCCION.

La contaminación se define como cualquier modificación producida por el hombre en los procesos naturales y ésta modificación puede alterar sensiblemente la calidad del medio ambiente o dificultar alguna utilización provechosa de una zona determinada.

Estas modificaciones pueden producirse de dos formas generales:

- 1.- Por resultado de la adición de materiales (artificiales, especialmente productos químicos ajenos al medio natural).
- 2.- El aumento por encima del nivel normal de materiales que se presentan en la naturaleza.

Este trabajo es de índole bibliográfico y está encaminado a tratar de -- informar sobre los daños y efectos que ocasionan los materiales que forman los fluídos de perforación, a la flora y fauna marina y sus posibles soluciones, ya que desde que nació la Industria Petrolera en México, nunca se le ha puesto especial interes al problema de la contaminación, además de que su pérdida -- implica la no amortización de los costos de operación, al no ser aprovechables para otros pozos, materiales que en la actualidad son costosos. Por lo tanto, se debe de reaprovechar los materiales que componen los fluídos de perforación, en vez de tirarlos al mar; ya que así estamos incrementando los costos debido a que algunos materiales empleados son importados y muy caros, con lo que a la larga y al tener una Industria Petrolera con un crecimiento acelerado como en México es de vital importancia reducir los costos de perforación, reaprovechando todo lo que sea posible.

El fluído de perforación ya utilizado, podría trasladarse a una planta de tratamiento, para poderlo acondicionar y mandarlo a otras perforaciones.

Con todo esto, podemos dar solución a dos grandes problemas a los que hoy en día nos estamos enfrentando; ya que se disminuiría:

- 1.- El costo del fluído de perforación considerado como desecho, reaprovechandolo;
- 2.- El índice de contaminación en las zonas marinas.

Muchos estudios científicos recientemente hechos sobre la contaminación en agua de mar, indican que es debido a la presencia de materiales químicos y físicos empleados por la Industria Petrolera, y llegan a la conclusión de que ésta representa una serie amenaza para la pesca mundial. La contaminación del ambiente, es -- un problema de rápido crecimiento debido al aumento de las poblaciones, sus necesidades y la diversificación de la industria. Las aguas marinas cubriendo el 70% de la superficie terrestre, no están exentas de la amenaza de la contaminación.

Las amenazas de la contaminación del medio marino ha despertado enorme atención debido a sucesos como: la precipitación de partículas en las pruebas nucleares, las descargas de desechos radioactivos, los derrames de desechos de ciudades, desechos de pesticidas organoclorados por industrias y zonas agrícolas. La detección de estos contaminantes en el ambiente y organismos marinos, ha puesto de relieve los efectos desastrosos que causan estos materiales al -- transmitirse por la cadena alimenticia marina y transportarse por procesos físico-químicos y biológicos hasta el mar.

TEMA 1.

GENERALIDADES.

Las principales preocupaciones en relación con el vertimiento de desechos en el mar son sus posibles efectos adversos sobre los recursos vivos. Los efectos sobre la utilización por el hombre se vinculan principalmente con la bioacumulación de substancia en los organismos marinos, la contaminación de los alimentos de origen marino y la reducción de los atractivos naturales a consecuencia de la decoloración, la turbidez o las materias flotantes. Los desechos que más preocupación causan son aquellos que son tóxicos para los organismos marinos o se acumulan en ellos en concentraciones sustancialmente mayores que las que alcanzan en el medio ambiente, y que llegan al mar en grandes cantidades o permanecen en él durante largo tiempo. En lo que respecta a la eliminación de desechos líquidos, un objetivo principal es su dispersión rápida y en una zona amplia.

Las observaciones biológicas tal vez deberían incluir:

- Los recursos pesqueros
- La productividad primaria
- Las poblaciones bentónica y de zooplancton
- La Turbidez
- El Oxígeno disuelto y
- El tipo de sedimentos

Las mediciones químicas del agua, el bentos, y los sedimentos, podrían incluir los compuestos orgánicos del cloro, los hidrocarburos del petróleo, debido a derrames, los compuestos orgánicos e inorgánicos procedentes de la Industria Petrolera (Fluidos de perforación, cementos, hidrocarburos, sales y materiales alcalinos), las sustancias nutritivas y metales como el Mercurio y el Cadmio. Las observaciones físicas deberían tener como objetivo principal, la evaluación de los procesos de dispersión.

El vertimiento de desechos en el mar de los materiales empleados en la perforación de pozos, es sólo uno de los métodos de eliminación de materiales, y debería efectuarse sólo después de que se hubieran considerado exhaustivamente todos los otros posibles métodos de eliminación de desechos. Idealmente, el único método definitivo para eliminar la evacuación de desechos de substancias conservativas, es la recuperación y reutilización de los materiales que actualmente se consideran desechos en la Industria Petrolera; las otras operaciones de evacuación se limitan a trasladar materiales de una parte a otra de nuestro medio ambiente. La decisión de considerar que una sustancia es un desecho, en lugar de un recurso natural en potencia, se basa en principios económicos y no científicos, ya sea porque no se dispone de la tecnología necesaria para recuperar el material en forma útil o porque el costo de la recuperación es mayor que el valor del producto recuperado.

Para ciertos desechos, y en circunstancias particulares, el costo de la eliminación en el mar puede ser menor que el del reciclaje ó el de la eliminación en tierra, pero ese costo debe ser evaluado en relación con el riesgo y el costo del daño a los recursos marinos a largo plazo, como es el caso de los materiales que se emplean en la Industria de la Perforación (fluídos de perforación). Por consiguiente, es posible que haya que confrontar los bajos costos que implica el derrame en el mar, con los costos del daño irreparable causado al medio ambiente, que pueden ser muy altos. Cabe reconocer, sin embargo, que el medio ambiente no puede dividirse en compartimientos definidos y que deben examinarse el costo y el riesgo de los efectos de la eliminación de desechos mediante diversos métodos. Llegado el caso; puede ser necesario elegir un método, aunque al principio no parezca ser el óptimo, simplemente porque es la solución a largo plazo más segura; las consideraciones financieras pueden o no ayudar a justificar tal medida.

Tal es el caso de los fluídos de perforación que actualmente se derraman en los medios marinos por incosteable su recuperación, pero debido a que emplean en su constitución materiales orgánicos e inorgánicos clasificados como elementos contaminantes que a la larga, afectarán grandes áreas marinas; representan un serio peligro para la reproducción de la flora y fauna marinas; debido a que los materiales que lo constituyen estan considerados como materiales contaminantes, de acuerdo a la siguiente clasificación hecha por la Secretaría de Pesca:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) Físicos | a) Materia Sólida
b) Temperatura
c) pH |
| 2) Químicos | a) Orgánicos
b) Inorgánicos
c) Organometálicos |
| 3) Biológicos o bacteriológicos | a) Bacterias totales
b) Bacterias fecales
c) Bacterias patógenas
d) Protozoarios
e) Virus |

	a) Plaguicidas	Insecticidas Herbicidas Rodenticidas Fungicidas, etc.
4) Tóxicos	b) Metales Pesados	Cadmio Plomo Mercurio Cobre Zinc Cromo
	c) Radiactividad	Radio Estroncio Uranio

Los contaminantes físicos comprenden diferentes formas de materia sólida, que provoca turbidez en el agua. La materia sólida puede ser soluble e insoluble; ésta última puede ser sedimentable o suspendida. Los principales efectos producidos por éste tipo de contaminantes son antiestéticos, y la turbidez causada por esta materia evita que los procesos fotosintéticos se desarrollen adecuadamente, disminuyendo - la reoxigenación de las capas inferiores del agua.

La temperatura del agua, cuando se afecta, incrementandola, disminuye la solubilidad del oxígeno y por consiguiente se dispone de una menor cantidad de ese elemento disuelto en agua.

Al mismo tiempo, todo incremento en temperatura, implica aumento de la tasa metabólica de los organismos, de tal manera que requieren mayores cantidades de oxígeno en un tiempo más corto. Esto perjudica en especial a los organismos superiores, como los peces, que requieren altos niveles de oxígeno disuelto y no se encuentra en cantidades suficientes por haber sido utilizado más rápidamente por los microorganismos acuáticos.

El rango de pH aceptable en los cuerpos receptores, varía de 6.5 a 8.5. Cuando el pH aumenta, disminuye la productividad; las aguas con valores relativamente altos o bajos de pH, son tóxicas para los peces y otros organismos.

Los contaminantes químicos se dividen en tres grupos: orgánicos, inorgánicos y organometálicos.

Las sustancias orgánicas, al entrar en descomposición biológica, requieren el oxígeno disuelto del agua. La cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en medio aerobio, se denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno. Con frecuencia se requiere cierta cantidad de oxígeno para oxidar totalmente la materia orgánica, y para ello se utiliza un oxidante químico; a esto se denomina Demanda Química de Oxígeno.

Las sustancias inorgánicas y organometálicas se determinan como sólidos disueltos, midiendo la conductividad eléctrica del agua. Estas sustancias no representan mayores problemas a menos que haya concentraciones muy elevadas provocando salinidad excesiva del agua. Otras sustancias inorgánicas, como sales de fósforo, nitrógeno y potasio, tienen importancia relevante por ser los principales nutrientes requeridos para el desarrollo de todas las formas de planc--
ton. Sin embargo, en grandes cantidades provocan el fenómeno de eutrofica--
ción, o sea, el envejecimiento acelerado de los lagos o cuerpos receptores de
aguas estancadas o semiestancadas, cuya principal manifestación es el creci--
miento desmesurado de algas, que a su vez rompen el equilibrio ecológico e--
xistente. Al morir, éstas grandes masas de algas entran en descomposición y
agotan los recursos de oxígeno del agua, ocasionando el desprendimiento de
los nutrientes de las algas muertas, la formación de azolves, y produciendo
malos olores y sabores.

Los contaminantes bacteriológicos, a través de las bacterias patógenas, --
causan enfermedades hídricas de las poblaciones.

Para la identificación de la calidad bacteriológica del agua, se emplean --
diversos índices de contaminación. En general, se prefieren las bacterias que
acompañan a las de la flora entérica patógena, más abundantes y fáciles de --
poner en evidencia mediante pruebas rutinarias, como son el número más probable (NMP) de coliformes. Otros microorganismos que sirven como índice de
contaminación son: *Escherichia Coli*, *Streptococcus fecalis*, *Glostridium Per--*
frigens, *Candida*, etc.

Las sustancias tóxicas presentan dos tipos de toxicidad: inmediata y a --
largo plazo.

Los efectos tóxicos inmediatos pueden llegar a manifestarse en proporciones
muy grandes, como por ejemplo, la muerte de varios millones de peces provoca--
da por el derrame de una gran cantidad de DDT. Sin embargo, pequeñas canti--
dades de DDT que se derraman no son suficientes para causar una toxicidad inme--
diata; éstas se incorporan a los organismos a través de la cadena alimenticia y --
por ésa vía llegan al hombre.

Ciertas sustancias como algunos plaguicidas y compuestos orgánicos de me--
tales pesados tienen afinidad a los lípidos y se acumulan fácilmente en los tejidos
grasos de los animales y humanos hasta llegar a concentraciones tóxicas.

Las sustancias radiactivas, contaminantes potenciales, son dañinas a la sa--
lud y producen alteraciones genéticas. Estas sustancias no son destructibles por
ningún método químico o físico conocido. Deben ser depositadas en disolución
con agua o por medio de isótopos estables.

TEMA 2

FLUIDOS DE PERFORACION Y ADITIVOS DE MAYOR EMPLEO PARA PERFORAR EN AREAS MARINAS.

2.1) Definición de Fluidos de Perforación.

Los fluidos de perforación son sistemas empleados en grandes volúmenes en las operaciones de perforación, terminación y reparación de pozos, y se utilizan en una forma ordenada. En las operaciones de perforación, los fluidos son empleados para atravesar la corteza terrestre y así poder extraer los fluidos que le son vitales al hombre como lo son: el agua, el aceite y el gas.

Los fluidos de perforación son sistemas formados por dos fases: una continua y una dispersa.

La fase continua es la portadora y tiene las propiedades inherentes de un estado físico, líquido o gaseoso. La fase dispersa es aquella que le imparte las propiedades físicas y químicas a la fase continua, durante el desarrollo de las operaciones de perforación.

2.2) Clasificación de los Diferentes Sistemas.

Dentro de los principales sistemas de los fluidos de perforación están:

1.- Sistema Base Agua.

El agua es la fase continua, y puede ser:

- a) Agua Dulce.- Estos fluidos tienen una fase líquida de agua conteniendo sólo pequeñas cantidades o concentraciones de sal, con un pH entre 7 y 9.5. Estos incluyen fluidos tratados con bentonita y coloides orgánicos, los cuales son partículas de diámetro de 5 MU a 200 MU (milimicron). La suspensión de partículas sólidas coloidales en un líquido, es llamado solución. Las partículas coloidales se caracterizan por una larga superficie y por la presencia de una carga eléctrica sobre la superficie. La carga puede ser positiva o negativa. Estos fluidos contienen menos de 1 % de sal, o menos de 120 ppm de calcio. En estos fluidos la bentonita hidratada dará al fluido la viscosidad deseada y las propiedades para contrarrestar la pérdida de fluido. Si el valor de la viscosidad aumentara grandemente, generalmente, un dispersante reduciría el valor de ésta. En los fluidos de agua dulce, sin embargo, como un resultado de la sensibilidad de la arcilla montmorillonita a mezclarse con la sal, cemento, yeso, sólidos en alta cantidad, etc., se ha limitado su uso. Como un resultado a lo anterior, ha sido necesario desarrollar numerosos aditivos y tratamientos específicos para los fluidos de agua dulce, cuando éstos se utilicen. Se han desarrollado métodos de control para manejar los fluidos de agua dulce. Algunos fluidos para terminación de pozos entran en éstos sistemas.

- b) Agua Salada. (De baja y alta salinidad). La fase continúa de éstos fluidos contiene sales ionizables, como son el cloruro de sodio, de potasio, de magnesio y de calcio; las cuales pueden ser de 10000 hasta 120 000 ppm de cloruro de calcio (bajas), o de 200 000 a 400 000 ppm de cloruro de magnesio, de potasio y de calcio (altas). Estos fluidos son generalmente usados en formaciones propensas a la hidratación, y pueden ser de baja o alta densidad, dependiendo de las sales ionizables que contengan.
- c) Agua Salobre. Los fluidos elaborados a base de éste tipo de agua son aquellos que tienen un contenido de sales del orden de 10000 a 35 000 ppm. Las sales no necesariamente son de cloruro de sodio, sino puede haber cantidades apreciables de sulfato de calcio. Estos fluidos tienen un pH de 7 a 9.5. Se utiliza agua de mar - abierto o de bahías. Los principales problemas que se tienen con éste tipo de fluidos es el de no poder mantener la propiedad de control de pérdida de fluido, además, como el volumen de sólidos se incrementa, las fuerzas de gelatinosidad también aumentan, el punto cedente crece y puede llegar a incrementarse tanto, que necesita el fluido un tratamiento.
- d) De alto pH.
- 1) Fluidos tratados con sosa cáustica.
Adicionando sosa cáustica a los fluidos, o thinner orgánico. Su pH está arriba de 11.
 - 2) Agua dulce.
Son fluidos que contienen en su fase continúa agua dulce, y son tratados para que su pH sea de 9.
 - 3) De bajo contenido de sólidos dispersos.
Estos fluidos pueden ser de baja o alta densidad, dependiendo de las sales ionizables que contengan.

2.- Sistema Base Aceite.

El aceite es la fase continúa y el agua la fase dispersa, o el agua la fase continúa y el aceite la fase dispersa, o totalmente aceite.

- a) Fluídos de Emulsión Inversa.- Estos fluídos "agua en aceite" tienen agua como fase dispersa y aceite como fase continúa. Ellos pueden contener cerca del 50 % del volumen de agua en la fase continúa.
- b) Fluídos base aceite.- La IADC (International Association of Drilling Contractors) identifica a los fluídos de aceite como una mezcla de diesel y asfalto; no son emulsiones. Fueron empleados en la perforación. Su viscosidad es controlada por la adición de diesel para bajarla, y por la adición de asfalto para aumentarla. El peso es aumentado por la adición de barita. Estos fluídos pueden ser formados a partir de agua de formación o a partir de fuentes de agua contaminada. La A.P.I. (American Petroleum Institute) define al fluído base aceite como un fluído de tipo especial, donde el aceite es la fase continúa y el agua la fase dispersa. Los fluídos base aceite contienen asfalto y generalmente del 1 al 5 % de agua emulsificada dentro del sistema. Los fluídos base aceite se diferencian de los fluídos de emulsión inversa por las cantidades de agua usadas y los aditivos para controlar la viscosidad y propiedades tixotrópicas. Los fluídos base aceite pueden ser formados por diferentes materiales; los más comunes son:

- 1.- Aceite Crudo.
- 2.- Diesel - aceite.
- 3.- Residuos líquidos pesados obtenidos de las refinerías.
- 4.- Diesel o Aceite crudo mas asfalto.
- 5.- Diesel o Aceite crudo mas compuestos metálicos.
- 6.- Diesel o Aceite crudo mas asfalto, además de silicato de sodio.
- 7.- Diesel y Bentonita.
- 8.- Diesel mas asfalto, además de un jabón alcalino.
- 9.- Crudo asfáltico, arcilla hidratable y compuestos metálicos.

Esta es una clasificación comercial y presenta varios tipos de fluídos base aceite. Estos se desarrollan a partir de métodos de composición y tratamiento para el control de sus propiedades. Estos materiales adicionados a éste tipo de fluídos, cumplen con funciones específicas; como por ejemplo: los materiales asfálticos ayudan a la reducción de pérdida de fluído, los jabones y los compuestos metálicos desarrollan poderosas fuerzas de gelatinosidad que mantienen los recortes en suspensión.

c) Fase Dispersa.- La mayor parte del control del lodo se dirige a la fracción coloidal, que está formada por materiales coloidales hidrófobos e hidrofílicos los cuales se controlan mediante tratamientos químicos, debido a que sufren contaminación. La composición del fluido de perforación dependerá de los requerimientos de operación de perforación en particular. En algunos lugares la perforación se inicia con agua y se va formando el lodo, a medida que se le incorporan las arcillas procedentes de las formaciones. En condiciones en donde no se encuentran este tipo de arcillas, es necesario agregárselas, tal es el caso de las calizas, arenas o esquistos. Estas arcillas hidratables con fieren al fluido, viscosidad, gelatinosidad y control de su filtrado.

2.3) Funciones de los Fluidos de Perforación.

1.- Mantener el agujero libre de recortes.

Una función básica del fluido de perforación es arrastrar los recortes mientras progresa la perforación.

El fluido debe también ser capaz de mantener los recortes en suspensión, mientras se suspende la circulación, para una reparación o para otras operaciones. Esta característica se debe al empleo de material viscosificante. La habilidad para acarrear los recortes sacándolos del agujero y asentándolos en una presa, dependerá en parte de la viscosidad adecuada y de la velocidad o rapidez de la corriente de fluido en el espacio anular entre la tubería de perforación y la pared del agujero. La capacidad de la bomba es aquí una consideración, así como las características del lodo. Cuando la capacidad de la bomba es tal que la velocidad en el espacio anular es demasiado baja para que el fluido levante los recortes adecuadamente, elevar la viscosidad del fluido puede dar por resultado un agujero más limpio.

2.- Contrarrestar los Flujos de Gas, Aceite y Agua.

Controlando las presiones de formación para lo cual se emplean materiales que le den peso o aligeren las columnas hidrostáticas. La presión hidrostática ejercida por la columna de fluido de perforación, debe ser tal que evite cualquier flujo de agua dentro del pozo, gas o aceite, que se encuentre en las formaciones perforadas. Mientras que el peso o densidad del fluido de perforación es de primera importancia para efectuar esta función. También se debe tomar en cuenta la fuerza de gelatinosidad del fluido, ya que afecta al volumen desplazado del fluido, a medida que se introduce o se saca tubería de perforación.

3.- Evitar que se derrumben las paredes.

La presión hidrostática ejercida por la columna del fluido de perforación contra las paredes del agujero del pozo, es un factor importante para evitar o prevenir el derrumbe de las formaciones. Otro factor es el de la formación del enjarre en las paredes del agujero, para proteger la hidratación de las formaciones.

El hinchamiento de formaciones inestables (lutitas deleznable) se puede controlar usando fluidos de baja filtración.

- 4.- Enfriar la barrena y lubricar el vástago de perforaciones.
Prácticamente cualquier fluido que pueda circularse por el vástago de perforación servirá para enfriar la barrena; sin embargo, en la actualidad en la perforación moderna, la lubricación a llegado a ser más importante cada vez y requiere que el fluido de perforación empleen lubricantes de presión externa.
- 5.- Obtención de información apropiada del pozo y no dañar las formaciones productoras.

El propósito de perforar un agujero, es hacer un pozo productor de gas o aceite; por lo tanto, el fluido de perforación deberá permitir la obtención de toda la información necesaria para valorar las posibilidades de producción de la formación penetrada. Las características de fluido deben ser tales que se puedan obtener buenos recortes, núcleos y registros eléctricos. Durante la operación de perforación, el fluido debe ofrecer protección máxima a cualesquiera de las formaciones productoras y no dañarlas.

2.4) Control de las propiedades del fluido para que cumpla sus funciones específicas.

1.- Aditivos químicos.

El control de las propiedades físicas del lodo, como son peso, viscosidad, gelatinosidad, filtración, se realizan mediante el empleo de aditivos químicos seleccionados de acuerdo al fluido empleado y a las propiedades deseadas.

Los fluidos de perforación, pueden prepararse para ajustarse a cualquier conjunto razonable de condiciones de propiedades físicas, de acuerdo a las necesidades de perforación. La selección del aditivo apropiado para ciertas condiciones, es algunas veces difícil debido a la gran cantidad de abastecedores de lodos y a la gran variedad de marcas comerciales registradas. Para simplificar éste problema, es conveniente pensar en los aditivos para fluidos de perforación de acuerdo con sus aplicaciones o requerimientos de comportamiento específico.

ADITIVOS

- 1.- Materiales Densificantes, sirven para aumentar peso, (cuando se preparan lodos que pesan más de 1.32 kg/lit)
- 2.- Agente Vésicosificante y gelante, para dar viscosidad, poder de suspensión y propiedades formadoras de enjarre.
- 3.- Agentes adelgazadores o dispersantes, para el control de viscosidad y fuerza de gelatinosidad.
- 4.- Agentes de control de filtración para reducir la pérdida de agua.
- 5.- Materiales para evitar pérdida de circulación.
- 6.- Productos especiales y reactivos químicos para el control de características específicas del lodo, como son: tensoactivos, lubricantes, alcalinizantes, sales, bactericidas, sales, compuestos organometalicos, polimeros sintéticos y naturales.

2.5) Productos Especiales y su función en los Fluídos de Perforación

- Alcalinizantes, aditivos para el control de pH.- Son productos designados a controlar el grado de acidez o alcalinidad de un fluído. Estos incluyen limo, sosa cáustica, bicarbonato de sodio, hidróxido de calcio, carbonatos.
- Bactericidas.- Reducen el número de bacterias. Están los paraformaldehídos, sosa cáustica, limo, almidones (reductores de filtrado) que son los más usados.
- Removedores de calcio.- Son la sosa cáustica, la soda ash, bicarbonato de sodio y algunos pirofosfatos son usados.
- Inhibidores de corrosión.- El limo hidratado y sales de aminas son adicionados para controlar la corrosión.
- Antiespumantes.- Son productos designados a reducir la acción de la espuma -- particularmente en agua salobre y fluídos de base agua salada.
- Emulsificantes.- Para crear una mezcla heterogena de dos líquidos no miscibles (agua - aceite).
- Reductores de filtrado.- Reducen la pérdida de fluído que se va dentro de la formación. De los más usados están el CMC (carboximetil celulosa, sodio) y almidones pregelatinizados. Siempre la fase líquida de los sistemas, tiende a pasar dentro de la formación.
- Floculantes.- Para hacer crecer el poder de la Gel. Están las sales (o salmuera), limo hidratado, tetrafosfato de sodio y partículas coloidales en suspensión.
- Agentes espumantes.- Estos son agentes químicos que actúan como los surfactantes para formar espuma en presencia de agua. Formando espuma y originando los fluídos de baja densidad.
- Materiales para pérdida de circulación.- La función primaria de éstos aditivos es el de taponar la zona de pérdida en la formación a lo largo de la pared del agujero.

- Lubricantes.- Los lubricantes a grandes presiones estan diseñados para reducir la torsión e incrementar el caballaje en la barrena por la reducción del coeficiente de fricción. Algunos aceites, polvo de granito y jabones, son usados para éste propósito.
- Inhibidores de lutitas.- Estan el silicato de sodio, y se usa para evitar -- la hidratación de las lutitas, sales y coloides formadores de película.
- Surfactantes.- Reducen la tensión interfacial entre las superficies en contacto (agua - aceite, agua - sólido, agua - aire, etc.) Estos pueden ser algunas veces emulsificantes, desemulsificantes, floculantes, defloculantes, dependiendo de las superficies involucradas. También incrementa el avance.
- Dispersantes.- Estos productos químicos modifican la relación entre la viscosidad y el porcentaje de sólidos en un fluido de perforación, y puede usarse ademas, para variar la gel, incrementar la bombeabilidad del fluido. El quebracho se utiliza para estos fines, varios polifosfatos y materiales ligníticos tambien se usan. Otro material utilizado es el lignosulfonato.
- Viscosificantes.- La bentonita, el CMC, la atapulgita son empleadas para crear una viscosidad en los fluidos que tengan una alta relación solidos - viscosidad.
- Materiales para dar peso.- Estan la barita, compuestos de plomo, oxidos de fierro y productos similares que tengan una alta gravedad específica. Son usados para el control de presiones de formación y combatir algunas pérdidas de circulación en operaciones de terminación de pozos.

TEMA 3.

LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS MARINAS Y LACUSTRES QUE SON MAS AFECTADAS EN MEXICO POR EL DERRAME DE FLUIDOS DE PERFORACION.

3.1) Características de la cuenca.-

El Golfo de México tiene un área aproximada de 2 millones de kilómetros cuadrados, un volumen de agua de 20 millones de km³, y su dimensión Este - Oeste es de alrededor de 1600 km. En su parte occidental tiene una extensión Norte-Sur de 1300 km. y entre Yucatán y Florida mide aproximadamente 900 km.

Su cuenca principal, con una profundidad promedio de 3000 metros, se extiende como un callejón sin salida desde el canal de Yucatán, primero hacia el Norte y el Noroeste, luego hacia el Oeste y finalmente hacia el Sur, en el Sureste, a través del canal de Yucatán y sobre un umbral de 2000 metros de largo con profundidad aproximada de 300 metros, se comunica con el mar Caribe y con el Atlántico a través del estrecho de Florida. La cuenca está rodeada por tres áreas principales de plataforma continental, la de Florida al Occidente, la de Texas - Luisiana al Noroeste y la de Campeche - Yucatán al Sur.

3.2.) Condiciones Meteorológicas Presiones Atmosféricas.-

Las presiones atmosféricas al nivel del mar, sobre el Golfo de México, varían de 750 a 758 mm Hg durante el invierno. El patrón de las presiones y la circulación del aire, son más o menos constantes o están sujetos a las variaciones del invierno producidas por el sistema anticiclónico de las masas de aire frío provenientes del Norte de América. La brisa del Golfo sopla tierra adentro durante todas las estaciones del año, pero con mayor constancia en el verano. La presión registra variaciones en el curso de las mañanas y de las noches, con mínimos y máximos de horas determinadas.

Circulación y Temperatura del Aire.-

El núcleo de alta presión de Bermudas domina la circulación del aire sobre el Golfo, particularmente en los meses de primavera y verano; al final de éste, la circulación de aire comienza a ser afectada por el cinturón de baja presión ecuatorial. La presión atmosférica de Bermudas orienta los vientos hacia el sureste Noroeste, con dominancia de vientos surestes. En invierno, la dirección de los vientos se presenta hacia el Este, con ligera tendencia hacia el Sur y mayor hacia el Norte; los vientos surestes son una mezcla de aires calientes, y cuando este flujo es lento, se enfría por la baja temperatura del agua originando condensación y niebla en la parte Norte del Golfo.

El promedio de velocidad del viento varía de 11 km/h. a 14.8 km/h, con vientos fuertes en las regiones del sureste de hasta 18.5 y 22.2 km/h; los porcentajes más altos se registran en la región Noreste.

La variación anual de la temperatura del aire en la Sonda de Campeche es la más pequeña de todo el Golfo y fluctúa entre 6 y 7°C. La temperatura máxima se presen-

- ta en Julio y Agosto con valores promedio de 28.0 a 28.2°C, y las mínimas de Enero y Febrero de 22.6 a 22.7°C con variación diurna de entre 5 y 6°C.

3.3) Características Físico - Químicas.

Temperatura del agua.-

En Invierno, las temperaturas fluctúan entre 18.0 y 18.5°C, en el Norte - del Golfo y entre 23.5 y 24°C en el Sur. En el Verano, las temperaturas tienden a estabilizarse hacia los 29°C en todo el Golfo de México. La variación mínima anual de la temperatura de la superficie marina es de 8.5 a 11.0°C en la parte Norte del Golfo mientras que en la parte central y en el Sur es de alrededor de 5.5°C. Febrero es el mes más frío en la porción adyacente a Texas y Agosto es el mes más caliente.

Salinidad.-

En la región Central del Golfo de México, la salinidad es de 36‰ (partes por mil); del canal de Yucatán hacia el Norte y hacia el Oeste es alrededor de 36.5‰. Con respecto a la profundidad del mar, existe una variación lineal y creciente de aproximadamente 1.300 ‰ entre los 5 y los 647 metros de profundidad. En la sonda de Campeche, durante el Otoño y en Verano, la salinidad de la capa superior hasta 50 metros de profundidad se eleva en 1.200 ‰ como resultado de la intensa evaporación que sobrepasa al efecto conjunto de la precipitación fluvial y del escurrimiento de los ríos.

Las salinidades más altas en los primeros 50 metros se hayan en aguas someras de la Costa Oeste de Florida y del Banco de Campeche; las medidas se registran en la región Norte del Golfo de México y las menores cercanas a la boca del río Mississippi.

A continuación, se presenta un cuadro típico de lecturas de temperatura y - salinidad en la parte Central del Golfo de México, en función de la profundidad marina, durante el verano.

Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)
15	23.06	36.060
94	19.25	36.280
192	14.85	35.950
237	13.00	35.680
432	8.57	35.040
647	6.39	34.880

Oxígeno Disuelto.-

En la sonda de Campeche, el oxígeno disuelto se encuentra durante todo el año en una proporción bastante constante desde los 50 metros hasta la superficie, con valores superiores a 5.75 mg. por litro, decreciendo este valor de acuerdo con la profundidad, de manera tal que a 300 metros existe sólo un contenido de poco más de 2.88 mg/l.

Fosfatos.

Los Fosfatos, así como los nitratos disueltos en el agua de mar, conocidos conjuntamente como sales nutritivas, tienen una gran importancia sobre todo desde el punto de vista biológico, dado que son elementos indispensables para la síntesis orgánica en el mar y de ellos depende en buena medida la vida en las aguas.

Las distribuciones vertical y horizontal de los fosfatos en el Golfo se han estudiado desde hace algunos años por medio de investigaciones oceanográficas. -- La información que se encontró, revela que en la parte media del Canal de Yucatán, la cantidad de fosfatos, expresada como fósforo elemental, permanece casi constante en 0.0048 microgramos por litro desde la superficie hasta 97 metros de profundidad teniendo un incremento de 0.097 microgramos por litro hacia los -- 1732 metros de profundidad.

En general, el contenido de fosfatos en el agua superficial muestra un gradual de crecimiento desde la costa hacia mar abierto, aunque aumenta en las áreas de surgimientos que emergen de profundidades mayores de 50 metros.

Nitratos.-

Los estudios sobre la distribución de nitratos, se han hecho paralelamente a las determinaciones de fosfatos mencionadas anteriormente. La distribución vertical de nitratos en la parte media del Canal de Yucatán, expresa como nitrógeno, disminuye de 0.17 microgramos por litro en la superficie a 0.010 microgramos por litro a 49 metros de profundidad, volviéndose a incrementar gradualmente hasta un máximo de 2.65 microgramos por litro a una profundidad de 736 metros y decreciendo hasta 1.71 microgramos por litro a los 1700 metros de profundidad.

Potencial Hidrógeno (pH).

Los resultados obtenidos en muestras de aguas marinas superficiales indican valores mínimos de 7.5 y máximos de 8.2 los valores encontrados con mayor frecuencia son de 8.0 a 50 metros de profundidad, los mínimos son de 7.9 y máximos de 8.2; los encontrados con mayor frecuencia tienen un valor de 8.0.

De acuerdo al Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife (Vol. 55), los valores de pH en el Golfo de México fluctúan entre 7.9 y 8.14 y son comparables al intervalo observado en 1979; se puede inferir que al no afectarse éste parámetro, no se pone en peligro la ecología marina.

En la siguiente tabla, se resumen los valores de pH para aguas superficiales a 10 y 50 metros de profundidad.

VALORES DE POTENCIAL HIDROGENO (pH) ENCONTRADOS EN AGUAS DE
LA SONDA DE CAMPECHE

ESTACION DEL AÑO	NIVEL	C O N C E N T R A C I O N		
		MINIMA	MAXIMA	MAS FRECUENTE
Verano	Superficie	7.5	8.2	8.2
Otoño		7.9	8.2	8.0
Invierno		7.7	8.1	7.9
Primavera		7.7	8.0	7.9
Verano	10 metros	8.1	8.2	8.1
Otoño		7.9	8.2	8.0
Invierno		7.7	8.2	8.0
Primavera		7.7	8.0	8.0
Verano	50 metros	8.1	8.2	8.1
Otoño		8.0	8.2	8.1
Invierno		7.7	8.1	7.9
Primavera		7.9	8.0	8.0

Concentración normalmente encontrada en el Golfo de México: * 7.9 - 8.14

*Gulf of México It's origin, waters and Marine Life. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. Vol. 55.

Nitritos.-

Se determinó por calorimetría según el método de Griess. Los valores indican que a nivel superficial, la concentración máxima de nitritos se incrementó, - de 0.0001 a 0.0123 de Verano a Otoño, mientras que a una profundidad de 50 metros la variación para su mismo período fué de 0.001 a 0.0180 mg/l. La tendencia observada se debe a variaciones estacionales y no se puede considerar como una tendencia ascendente por el fenómeno en cuestión.

Grasas y Aceites.-

Tomando como dato de comparación el límite máximo tolerable de grasas y - aceites para los cuerpos de aguas superficiales de 0.76 mg/l, podemos decir que inmediatamente después del derrame de hidrocarburos del pozo Ixtoc, se encontraron concentraciones 75 veces mayores que este valor en aguas superficiales; 50 veces mayores a 10 m. de profundidad y 30 veces mayores a 50 m. de profundidad, los resultados obtenidos por un crucero en el invierno de 1979, indican concentraciones de 120 veces menores del límite máximo tolerable en aguas superficiales; - 130 veces menos en aguas a 10 m. de profundidad y 9 veces menos a 50 metros de profundidad.

La caída de los altos valores iniciales de éste parámetro hasta concentraciones por debajo del límite máximo tolerable, indican la alta capacidad de degradación del cuerpo de agua de la Sonda de Campeche, para éste tipo de sustancias.

Enseguida, se presentan los valores mínimos y máximos, así como los más frecuentes detectados en ésta zona de estudio.

VALORES DE GRASAS Y ACEITES ENCONTRADOS EN AGUAS
DE LA SONDA DE CAMPECHE (mg /lt)

ESTACION DEL AÑO	NIVEL	C O N C E N T R A C I O N		
		MINIMA	MAXIMA	MAS FRECUENTE
Verano	Superficie	25.000	76.000	57.2
Otoño		0.0015	0.1210	0.19
Invierno		0.01	1.84	0.10
Primavera		0.0024	0.1188	0.0062
Verano	10 metros	9.200	70.000	39.6
Otoño		0.001	0.090	0.045
Invierno		0.02	1.69	0.05
Primavera		0.0038	0.0148	0.0055
Verano	50 metros	5.000	44.000	24.5
Otoño		0.005	0.150	0.077
Invierno		0.040	1.200	0.180
Primavera		-	-	-

Nivel permisible para aguas de uso doméstico y acuacultural: *0.76

* Fuente: Legislación relativa al agua y su contaminación, México.

Hidrocarburos.-

Para la determinación del material aceitoso y de hidrocarburos en agua, se siguió el método API- 58, utilizando un espectrofotómetro de infrarrojo. La determinación de hidrocarburos se efectuó por cromatografía líquida en columna sílica - gel y por espectrofotometría de infrarrojo.

Las determinaciones de fierro, cobre y zinc en agua, se hicieron por espectrofotometría de absorción atómica. En el crucero del 1o. al 18 de Octubre de 1979, el -- valor promedio fué de 45 partes por billón, encontrándose aisladamente algunos valores más altos, siendo el máximo de 145 partes por billón. En los muestreos siguientes, hasta diciembre de 1979, se observó una disminución notable, teniendo valores de alrededor de 10 partes por billón. Al comparar éstos valores con la concentración reportada - normal para el Golfo de México, de 42 partes por billón, se revela que en algunos puntos existió una leve contaminación debido al derrame de petróleo del Ixtoc 1, sobre todo en días inmediatos al inicio del accidente.

Metales Pesados.

Fierro.- La concentración máxima de fierro encontrada de Junio a Diciembre de 1979, fué de 142 partes por billón, valor muy bajo comparable a la concentración típica en el Golfo de México, que es de 2,000 partes por billón, por lo que se elimina una posible contaminación de éste elemento por el petróleo derramado.

Cobre.- La concentración de cobre encontrada en Junio de 1979, fué de 22 partes por billón, la cual es baja comparada con el valor letal que es de 100 partes por billón para almejas y ostiones; los análisis posteriores indican un decremento hasta menos - de 3 partes por billón, valor inferior a la concentración típica del Golfo de México, de 10 partes por billón.

Níquel.- El contenido de níquel de las muestras del crucero de Junio de 1979, fué menor de 20 partes por billón, cantidad mínima detectable por las técnicas utilizadas posteriormente, éstas técnicas se precisaron obteniéndose valores menores de 5 partes por billón, en las muestras sucesivas sólo hay mortalidad considerable para ostiones cuando la concentración es superior a 120 partes por billón.

Vanadio.- El contenido de vanadio fué de 1 a 3 partes por billón, lo que es comparable con la concentración normal en agua de mar de 2 partes por billón.

Zinc.- La concentración de zinc generalmente fué menor de 10 partes por billón, lo que es satisfactorio si se compara con el valor considerado normal en agua de mar, de 10 partes por billón y únicamente en cuatro muestras se encontraron valores de 40 a 73 partes por billón. Estos valores son muy inferiores de 10,000 partes por billón, cantidad que ataca solamente a un 50 por ciento de una población de algas.

Hidrocarburos en Necton.-

Por lo que se refiere a determinaciones de hidrocarburos contenidos en organismos del necton, se analizaron ejemplares de camarón *Penacus aztecus* y *guorarum*, calamares y peces, *Caranx - lotus*, *Riocanthus arenatus*.

Los cromatogramas indican una proporción de parafinas pares contra impares características de los hidrocarburos que contienen 14 a 32 átomos de carbono y número impar de carbonos, lo cual demuestra que cuando menos los organismos analizados no habían ingerido petróleo.

Hidrocarburos y Metales Pesados en Sedimentos.-

Los hidrocarburos en sedimentos recientes pueden tener su origen en la descomposición de las plantas marinas y terrestres, en actividad metabólica de algunos microorganismos o por manifestaciones de petróleo del subsuelo marino. En los análisis de sedimentos de la Sonda de Campeche se encontraron hidrocarburos parafínicos de 14 a 32 átomos de carbono, con cierta predominancia de los de números impar. Esto es común para sedimentos libres de contaminación por petróleo. En algunas muestras analizadas, especialmente las recogidas cerca del derrame del pozo Ixtoc 1, se observó un contenido más elevado de hidrocarburos (saturados y aromáticos), el valor promedio de las muestras fué de 153.4 y 132.2 partes por millón respectivamente. En el resto de las muestras siempre se obtuvieron valores menores de 75.3 partes por millón. En los análisis de la proporción de carbono isotópico en muestras obtenidas despues del derrame se ve que no hay cambios notables con relación a los valores de otras muestras antes del derrame, lo que determina que no hay evidencia de introducción de hidrocarburos fósiles en los sedimentos.

TEM A 4.

Daños Físicos que Ocaionan los Elementos que constituyen los fluídos de perforación en áreas marinas y medidas Preventivas.

4.1.) Elementos de uso común en la elaboración de los fluídos de perforación.

Agua.-

Agua dulce, de alta y baja

salinidad, en función de

NaCl, CaCl, KCl, y MgCl.

Daños.

Estos elementos alteran la salinidad del medio marino ocasionando disminución del oxígeno disuelto en el agua y alteran el desarrollo de los organismos marinos.

Aceite.-

Dieseles y Combustoleos

Forman una capa espesa en la superficie, evitando que los rayos solares lleguen a aguas marinas profundas, alterando así la fotosíntesis y la reproducción del plancton. Reduce el crecimiento de las colonias de algas marinas unicelulares. Las aves costeras dejan de poner huevos, o si los ponen, el cascarón no tiene la consistencia suficiente para resistir el contacto con el piso. Se fija en el tejido graso de los peces.

Agentes Viscocificantes y Gelantes.

Arcillas Hidrofílicas (bentonita,)

Asfaltos, Carboximetilcelulosa,

atapulgita, sepiolita, asbestos y

almidones.

Causan turbiedad en el agua; disminuyen el O₂ disuelto; dificultan la reproducción de los microorganismos marinos; se fijan en el tejido graso de los peces, reduciendo su transpiración.

Materiales Densificantes.-

Barita, Compuestos del plomo

Oxidos de fierro (Hematita, -

Magnetita Siderita, Dolomita

y Calcita.

Causan turbiedad, alteran el peso específico de los peces, afectando su poder de flotación; alteran el desarrollo del plancton marino, originando la migración de las colonias de peces.

Agentes Dispersantes.-

Lignosulfonatos, Cromolignosulfonatos, Quebracho, Polifosfatos (tetrafosfato de Sodio, Hexametafosfato de Sodio, pirofosfato de Sodio), taminos, fosfatos, lignito y ácidos húmicos.

Agentes de control de filtración y pérdidas de circulación.

CMC de sodio, almidones, Silicatos, celofán, mica, algodón, gilsonita, perlita, carbonato de Calcio, Carbón de piedra (Hulla), resinas sintéticas, asbestos, bagaso, cuero, papel, madera, lino, gomas, pelo de puerco.

Productos especiales y Reactivos

Químicos

Alcalinizantes, sosa, bicarbonatos, sales, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, hidroxido de calcio, cloruro de potasio, dicromato de sodio, hidroxido de sodio.

Causan turbiedad y toxicidad a los organismos marinos, debido al metal pesado que contiene algunos de ellos en su estructura. Causan bajas notorias en las colonias de peces.

Se depositan en el sedimento marino originando migraciones de microorganismos, debido a que cambia las condiciones de salinidad, temperatura y pH.

Altera la temperatura del agua al producir reacciones exotérmicas; algunos son tóxicos para los organismos marinos y otros les causan gran irritación. Modifican el pH natural del medio.

4.2) Efectos Subletales.-

Muchos efectos biológicos de contaminación pueden no mostrarse en la prueba del bioanálisis para toxicidad aguda. Esto sería verdad si el efecto fuera bajo a desarrollarse o si el efecto fuera a producir una debilidad general que tal vez interfiera con algunas funciones de vida normal del organismo mejor que matar directamente. La exposición de largo plazo a concentraciones subletales puede ser necesaria para producir el efecto, y una evaluación de éste tipo de acción es difícil en un análisis de laboratorio. Estas son un número de formas en la cuales los contaminantes tal vez puedan afectar a una población sin ser letal al organismo -- adulto usado.

4.2.2) Migraciones.-

Las concentraciones subletales pueden interferir con los patrones de migración normal de organismos. Los mecanismos usados en la orientación y navegación por organismos migratorios son muy bien conocidos, pero en algunos casos, la quimiotaxis juega un papel muy importante. Por ejemplo, el salmón y otros muchos peces anádromos han sido excluidos de sus corrientes por circunstancias de contaminación, aunque no se sabe si la razón es que una señal o indicación química ha sido marcado o porque el ambiente químico general de contaminación es dañino para el pez.

4.2.3.) Comportamiento o Conductas.

Mucho del comportamiento diario de las especies puede también ser medida por medio de respuestas quimiotáxicas. El encuentro y captura de alimento ó el encuentro de un macho o hembra durante el período de gestación sería incluido - en ésta categoría de actividad. Otra vez, cualquier contaminante que interfirió, con los reseptores químicos del organismo interferiría con los patrones esenciales de conducta para la sobrevivencia de la población.

4.2.4.) Incidencia de Enfermedad.

La exposición en un período largo a concentraciones subletales de contaminantes puede hacer a un organismo más susceptible a una enfermedad. También es posible que algunos contaminantes que son orgánicos en la naturaleza pueden proveer un ambiente conveniente para el desarrollo de enfermedades producidas por bacterias o virus. En tales casos, a pesar de que el contaminante no es directamente tóxico para el organismo adulto podría tener un periodo profundo en la población de las especies durante un período largo de tiempo.

4.2.5) Ciclo de Vida.

Las formas larvales de muchas especies de muchos organismos son mucho más sensibles a la contaminación de lo que son los adultos, quienes son normales utilizados en el bioanálisis. En muchas especies acuáticas, millones de huevos son producidos y fertilizados, pero solamente desde las larvas producidas necesitan crecer, madurar y reproducirse para mantener las reservas permanentes de las especies. Para estas especies la mortalidad preadulta es enorme, aún bajo las mejores condiciones naturales. Por causa de un stress adicional sobre los organismos desarrollados tal vez muchos individuos fracasen a la sobrevivencia y no puedan mantener la población de las especies. La interrupción en cualquier etapa del ciclo de vida puede ser tan desastrosa para la población como sería la muerte de los adultos por causa de la toxicidad aguda.

4.2.6) Procesos Fisiológicos.

La interferencia con varios procesos fisiológicos sin causar necesariamente muerte en una prueba del bioensayo, puede también interferir con la sobrevivencia de las especies. Si la fotosíntesis del fitoplancton es inhibido, el crecimiento algal será decrecido, y la población podrá ser detenida de la extinción sin ser directamente matado por la toxina.

La respiración u otros procesos variados enzimáticos tal vez puedan ser afectados por concentraciones subletales de contaminantes. El efecto del DDT y sus productos de descomposición sobre las cáscaras de los huevos del pájaro es probablemente el resultado de la interferencia con sistemas de enzima (Ackefors et al. 1970).

4.2.7) Efectos Genéticos.

Muchos contaminantes producen efectos genéticos que pueden tener amplio rango de significado para la sobrevivencia de unas especies. El petróleo y otros contaminantes orgánicos pueden incluir ambos componentes mutagenéticos y carcinogénicos. La contaminación radioactiva puede causar mutaciones directamente por la acción de la radiación sobre el material genético. Por los estudios genéticos en general que van en detrimento de la sobrevivencia del joven, y muchos son letales. Poco se sabe acerca de la intensidad o frecuencia de los efectos genéticos de los contaminantes, excepto para materiales en donde los porcentajes de mutación han sido medidos en algunos casos. La inducción de las mutaciones por contaminantes deberá ser revisada en el contexto del incremento del total de mutación de todos los casos.

4.2.8) Nutrición y Cadenas Alimenticias

Los contaminantes pueden interferir con la nutrición de los organismos, afectando la habilidad de un organismo para encontrar su presa, interfiriendo con la digestión o la asimilación de alimento, o contaminando las especies presa para poder ser aceptado por el depredador. Por otro lado, si las especies de predadoras son eliminadas por la contaminación, las especies presas pueden tener una oportunidad mejor de sobrevivencia. Un ejemplo de un efecto posterior fue demostrado por el resurgimiento del alga después del derrame de petróleo en la Bahía de Tampico:

El petróleo destruyó a los erizos de mar, los cuales usaron algas nuevas - desarrolladas como alimento. Cuando los erizos de mar fueron destruidos, los - bancos de algas desarrollaron un crecimiento abundante dentro de unos pocos - meses.

4.2.9.) Efectos sobre el Ecosistema

Los efectos de la contaminación en los ecosistemas acuáticos son los más - difíciles de evaluar y establecer. Cada ambiente es algo diferente, pero las especies que habitan en cualquier ambiente dado ha evolucionado durante largos períodos de tiempo, y cada una de las especies individuales en una comunidad juega su propio papel. Cualquier stress adicional, ya sea natural o hecho por el hombre, aplicados a cualquier ambiente tenderá a eliminar algunas especies vivientes y solamente se mantendrán las formas más tolerantes de sobrevivencia. El efecto puede ser también directo sobre las especies involucradas, o indirecto a través de la eliminación de algunas especies valiosas como un abastecimiento. Para algunas de las especies en el sistema el resultado puede ser beneficioso por el traslado de sus depredadores o por un crecimiento estimulado y acelerado de sus presas.

4.2.10) El valor de los Alimentos para el uso Humano

Las concentraciones subletales de contaminantes pueden corromper tanto - el alimento marino que llega a ser inútil como fuente alimenticia. El petróleo - puede ser ingerido por organismos marinos, pasar a través de la pared del intestino, y se acumulan en los conjuntos de lípidos. Blumer (1971) dijo que ha sido demostrado que el petróleo en los tejidos de los mariscos por un período de tiempo largo, persiste por meses después de un derrame de petróleo. El área contaminada por el petróleo fué cerrada para la pesca de mariscos por un período de 18 meses. El alimento marino puede traducirse en inservible para el consumo humano por la causa de acumulación de los contaminantes. La caballa de California y el salmón coho del lago de Michigan fueron condenados porque ellos contenían más DDT que el porcentaje permitible en el alimento humano (0.5 mg/kg). Así mismo, el pez tuna espada fué removido del mercado porque el contenido del --mercurio de la carne excedió la concentración permitible; a pesar de su extracción del mercado ha afectado las economías de los pescadores.

4.2.11) Efectos de los Materiales Químicos Inorgánicos, Incluyendo Metales Pesados y PH.

Los materiales químicos inorgánicos peligrosos y biológicamente activos son una fuente de amenazas tanto locales como de alcance mundial para el ambiente marino. Parte de estos materiales químicos pueden plantear, tal vez no un peligro inmediato, pero pueden conducir a cambios indeseables en el largo plazo. - Otros, tales como el Boro, propone serios peligros en la salud y aún más, se sabe muy poco acerca de los efectos biológicos en el ambiente marino. Sin embargo, ellos pueden ser un constituyente significativo en ciertas aguas de desperdicios y deberían ser discutidos aquí.

TABLA IV - 2 Materiales químicos inorgánicos a considerar en el criterio sobre la calidad del Agua para la vida acuática en el ambiente marino.

ELEMENTOS	CONCENTRACION NATURAL EN AGUA DE MAR $\mu\text{g/lit. (a)}$	CATEGORIAS DE CONTAMINANTES (b)
Aluminio	10	IV c
Amonio	-----	IV c
Antimonio	0.45	IV c ?
Arsenica	2.6	II c
Bario	20	IV c
Berilio	0.0006	IV c ?
Bismuto	0.02	IV c ?
Boro	4.5×10^3	IV c
Bromo	6.7×10^4	IV c
Cadmio	0.02	II c
Calcio	4.1×10^5	IV c
Cloro	-----	IV c
Cromo	0.04	IV c ?
Cobalto	0.4	IV c
Cobre	1	IV c
Cianuro	-----	III c
Fluor	1340	IV c
Oro	0.01-2	IV c
Hidrogeno	pH=8(alk=0.0024 M)	III c
Hierro	10	IV c
Plomo	0.02	I a
Magnesio	1.3×10^6	IV c
Manganeso	2	IV c
Mercurio	0.1	I b
Molibdeno	10	IV c
Nickel	7	III c
Nitrato	6.7×10^2	III c
Fosforo		
Selenio	0.45	III c ?
Silicato	3×10^3	IV c
Plata	0.3	III c
Sulfuro	-----	II c
Talio	0.1	III c
Titanio	2	IV b ?
Uranio	3	III c
Vanadio	2	IV a ?
Zinc	2	III c

- a: Estos valores son aproximados, pero representativos para niveles bajos en agua de mar sin contaminar.
- b: I/IV en orden decreciente de amenaza; a-mundial, b-regional, c-local (costeño, bahías, estuarios, vertederos individuales)
- ?: Indica alguna duda acerca del rango como una amenaza y/o si el efecto contaminador es local, regional o global.

Adoptada y modificada del reporte del Seminario sobre métodos de detección, Medición y manejo de contaminantes en el ambiente Marino. Organización de Agricultura y Alimentos 1971.

También, la acción de bacterias transforman compuestos inorgánicos a compuestos metálicos orgánicos que son altamente tóxicos para los mamíferos, incluyendo al hombre.

4.2.12) Efectos Biológicos

Las contracciones subletales de contaminantes pueden provocar serias consecuencias en los estuarios en donde los peces anádromos migratorios se demoran en llegar a aclimatarse a los cambios en la salinidad. A pesar de que el pez no puede ser destruido por completo, el cambio violento de las concentraciones subletales pueden causar deficiencias bioquímicas y fisiológicas que podrían dañar los procesos de vida del pez, previniendo a los adultos migratorios de depositar sus huevos enarenados o de reproducirse. Pippy y Hare (1969) 247 indicaron que los metales pesados colocan al pez bajo condiciones de stress y lo pueden conducir a infestaciones por enfermedades.

Existe una clara necesidad de trabajos toxicológicos sobre los efectos subletales de contaminantes en organismos marinos.

Mientras que a bajas concentraciones, muchos elementos son necesarios para los procesos de vida, a concentraciones más altas los mismos elementos pueden ser tóxicos. Poco se sabe acerca de los efectos de exposiciones de largo plazo a niveles bajos de la mayoría de los materiales químicos, ya sean en estado puro o en combinación.

Los bioensayos de laboratorio son conducidos bajo condiciones controladas generalmente con materiales químicos individuales. Tales pruebas proveen información toxicológica que puede preceder a los estudios con mezclas más cercanas a las condiciones actuales. Estas mezclas deben de reflejar las condiciones y la composición del agua en áreas específicas de descargo porque las sustancias son raramente aisladas cuando se encuentran en el ambiente. Las probabilidades de sinergismo y antagonismo son aumentadas por el incremento de la complejidad de los efluentes. El sinergismo y el antagonismo en el medio ambiente son apenas entendidos. El cobre es más tóxico en aguas ligeras que en aguas pesadas en donde las sales del calcio y del magnesio contribuyen a la crudeza del agua, tendiendo a limitar o a antagonizar la toxicidad del cobre. El sinergismo o antagonismo se espera que ocurra más frecuentemente en aguas que contengan numerosos compuestos químicos que en aquel con muy pocos compuestos.

Por consiguiente, un compuesto químico medio tal como el agua de mar -- puede incrementar la probabilidad de sinergismo o antagonismo cuando un contaminante es introducido.

Los efectos de dos contaminantes pueden ser considerados en términos de sus puntos finales biológicos. Tales efectos irreversibles como la carcinogénesis, mutagénesis, y teratogénesis proveen puntos finales identificables en términos de consecuencias biológicas de los contaminantes. Los efectos de las sustancias pueden variar con especies o con las etapas del ciclo de vida.

Se debe hacer una distinción entre los efectos de los contaminantes dañinos para la cualidad de un organismo como un producto para el consumo humano y aquellos nocivos para organismos. Mientras los niveles de mercurio que vuelvan al pez inaceptable para su comercialización no se hace sobre la base de la información disponible en este tiempo, no parece tener ningún efecto adverso en los peces mismos, ellos causan una confiscación del producto para el consumo humano. Esto también puede ser verdad para otros elementos que se prestan a la bioacumulación. El fósforo elemental conduce a enfermedad y mortalidad eventual de los peces mismos (Jangaard 1970). En las concentraciones de fósforo encontradas en el hígado y otros órganos vitales, el pez también pudo haber sido tóxico para la humanidad. Las recomendaciones para los elementos sujetos a la bioacumulación en el ambiente marino deben ser puestos a niveles bajos para proteger a los organismos. Hay también necesidad de establecer recomendaciones basadas en la salud humana y una necesidad para proteger el valor económico de los pescadores afectados por las acumulaciones de algunos de éstos elementos.

Los elementos esenciales para plantas y para la nutrición en los ambientes marinos han sido incluidos en la tabla IV - 2. Ellos constituyen algunos de los nutrientes más comunes, como por ejemplo, silicatos y nitrato, así como los microconstituyentes, tales como el fierro. Sin embargo se reconoce que éstos elementos son requeridos por la nutrición algal, uno no debe caer en el concepto erróneo de que "si un poco es bueno, más es mejor". Es por esto que algunos de los componentes de los fluidos de perforación lleguen a alterar estas concentraciones, como son las arcillas hidrofílicas o hidrófobas.

4.2.13) Metales

Los metales alcanzan al ambiente marino a través de una variedad de rutas, incluyendo los agentes atmosféricos naturales así como las descargas municipales e industriales. Los metales son particularmente susceptibles a concentraciones por invertebrados. Los metales se presentan en el ambiente marino en una forma asimilable usualmente sometida a la bioacumulación a través de la cadena alimenticia. Así, los elementos que se presentan en concentraciones bajas en el agua pueden ser acumuladas muchos -- miles de veces en ciertos organismos. Establecido los niveles máximos permitibles de algunos de estos iones metálicos vuelven al pez inaceptable para el mercado comercial (Departamento de los Estados Unidos de la Salud. Educación y Bienestar; Administración de Alimentos y Drogas 1971-286 Kolby 1970 - 206). Las agencias de control de Alimentos y Drogas deben imponer rigurosos requisitos sobre el contenido de elementos peligrosos, tales como el mercurio, el cual, durante 1970, condujo a la confiscación de muchos de los peces capturados en aguas de los Praires Canadienses y las del Sureste de Great Lakes.

Muchos de los peces espadas y cerca del 25% de los tunas fueron capturados por los japoneses y se han excedido del límite máximo permitible (Wallece et al. 1971).

Los estudios llevados a cabo en el salmón del Atlántico (Salmón Salar) en - St. Andrew's, New Brunswick, mostraron que mezclas de bajas concentraciones de zinc y cobre establecerán reacciones de eludimiento (Sprague 1965, Sprague y Saunders 1963). La migración del salmón adulto para desobarse puede ser desviada por bajas concentraciones de éstos metales, los cuales se encuentran en los desechos de fluídos de perforación. Hay indicaciones de que hasta el 25% - de los salmones que desoban (Salmon Salar) pueden regresar al mar sin llevar a cabo el acto de desobación, si las concentraciones de zinc, de Calcio y Cobre, son lo suficientemente altas para inducir reacciones de eludimiento (Sprague - 1965). Podrían existir otras similares reacciones conductuales importantes simuladas por bajas concentraciones de algunos de los metales.

En el siguiente análisis de los diferentes constituyentes, el porcentaje total de cada elemento es considerado en la discusión y recomendación a menos que se haya dicho de otra manera.

No solamente se ha revisado la literatura reciente en esta revisión de las propiedades y efectos de los constituyentes inorgánicos, sino que también las referencias bibliográficas y otros estándares han sido libremente consultados (El índice Merck 1960 - 228, McKee y Wolf 1963 - 226, Wilber 1969 - 299, NTC Comité de Oceanografía 1971 - 237. Depto. de los Estados Unidos del Interior Federal, Administración del Control de la Contaminación del agua 1971 - 136).

La Química de agua de mar difiere grandemente de aquella de agua dulce, - debido a la presencia de sales, la gran parte de los constituyentes están presentes en proporción constante en el agua de mar. Las sales de baja acidez, tales como carbonatos, bicarbonatos y boratos contribuyen a la alta capacidad de amortiguamiento o a la alcalinidad del agua de mar. Muchos desperdicios de naturaleza altamente ácida o alcalina los cuales son altamente tóxicos en agua dulce, al mezclarse con el agua de mar se vuelven comparativamente inofensivos debido a ésta fuerza de amortiguamiento.

La alcalinidad y la concentración de hidrogenación, expresadas por el pH (Strickland y Parsons 1968 - 273), son la mejor medida de los efectos de los desperdicios altamente alcalinos.

La Comisión del Consejo Regional Europeo de Pescadores (1969) y Kemp - (1971) reexaminaron los requerimientos de pH para peces de agua dulce. Debido a la gran diferencia en la capacidad de amortiguamiento técnicas de medición, y definiciones de alcalinidad son totalmente diferentes para aguas marinas y dulces. El porcentaje normal de pH encontrado en agua de mar, y por esta razón, las comunidades de agua dulce, son adaptadas a extremos más grandes de pH de lo que son las comunidades marinas.

El agua de mar comunmente varia en pH desde la superficie hasta el inferior a causa del equilibrio del dióxido de carbono - bicarbonato - carbonato. Los procesos fotosintéticos y respiratorios también contribuyen a variaciones en el pH. En la superficie del mar, el pH normalmente varía desde 8.0 hasta 8.3, dependiendo de la presión parcial del dióxido de carbono en la atmósfera, la salinidad y la temperatura del agua. Un gran levantamiento del dióxido de carbono durante la fotosíntesis en la zona eufótica conduce a valores del pH altos que exceden el 8.5 en casos. La liberación del dióxido de carbono durante la descomposición en niveles intermedios e inferiores de aguas, resulta de una baja del pH. En aguas poco profundas, aguas biológicamente activas, especialmente en áreas tropicales y subtropicales existe una gran variación diurna en el pH con valores que van desde un 9.5 alto en el día a un 7.3 bajo en la noche o muy temprano.

La toxicidad de la mayoría de los contaminantes se incrementa como lo hace el pH o decrece desde neutral (pH 7). Esto es verdad para mezclas compuestas, tales como los efluentes de milésimas partes de pulpas (Howard y Walden 1965) para constituyentes que se separan en pH diferentes (ejs. H_2S y HCN), y para metales pesados. La toxicidad de ciertos compuestos pueden cambiar drásticamente con pH. El pH puede también determinar el grado de disociación de las sales, algunas de las cuales son más tóxicas en su forma molecular que en su forma iónica. El sulfuro de sodio es crecientemente tóxico con pH decreciente como HS y S^{2-} . La tolerancia del pez a concentraciones bajas de oxígeno disuelto, a altas temperaturas, a cationes, y aniones varía con el pH. Por consiguiente, las desviaciones no dañinas del pH y los porcentajes dependen de las condiciones locales.

Hay grandes fluctuaciones en el pH natural dentro de ambientes marinos. Los cambios en el pH indican que la capacidad de amortiguamiento del agua de mar ha sido alterada y que el equilibrio del dióxido de carbono se ha trasladado. El tiempo requerido para la mezcla de un efluente con un gran volumen de agua de mar es realmente importante. Cuando el pH de aguas receptoras se someta a un incremento o decremento, su duración puede ser importante para la sobrevivencia de los organismos. Actualmente, no existen datos suficientes con los cuales se pueda asignar un tiempo que limite las grandes salidas del pH.

El pez tolera moderadamente grandes cambios en el pH en la mitad de sus porcentajes normales de pH, cambios pequeños en el pH en los límites de sus porcentajes y también en la presencia de algunos contaminantes pueden tener efectos nocivos significativos.

El plancton y los invertebrados del fondo del mar son probablemente más sensitivos que los peces a los cambios en el pH. Las ostras parecen actuar mejor en aguas saladas cuando el pH es de 7.0. A un pH de 6.5 y menor, la tasa de sondeo decrece notablemente, y el tiempo que las caparazones permanecen abiertos es reducido por un 90% (Loosanoff y Tommers - 1948, 219; Korriga 1952, 207). Las larvas de las ostras son dañadas a un pH de 9.0 y destruidas a un 9.1 en muy pocas horas (Gaarder 1932-167). El límite más alto para los cangrejos de mar es de 10.2 (Meinck et al. 1956-227).

Recomendación.

Los cambios en el pH del agua de mar deberá ser evitado. Los efectos de las alteraciones del pH dependen de las condiciones específicas. En cualquier caso, el porcentaje normal de pH en cualquier dirección no deberá ser extendido por más de 0.2 unidades. Dentro del porcentaje normal, el pH no deberá variar por más de 0.5 unidades de pH. La adición de materiales extraños no deberá descender al pH abajo de 6.5 o ascenderlo cerca de 8.5.

Bario

El Bario viene en gran parte de minerales ($BaSO_4$, $BaCO_3$). Está siendo crecientemente usado en la industria de la perforación. El consumo en los Estados Unidos en 1968, fué de 1.6 millones de toneladas, un crecimiento del 78% en 20 años (Depto. del Interior de E.U., Departamento de Minas 1969).

Todos los compuestos con agua o ácidos solubles de Bario son venenosos. Sin embargo en el agua de mar el sulfato y el carbonato presentan tendencia a precipitar al Bario. La concentración del Bario en aguas de mar es generalmente aceptada aproximadamente a 20mg/l (Goldberg et al. 1971) a pesar de que ha sido reportada tan bajo como 6.2mg/l en el Atlántico y de 8 a 31mg/l en el Pacífico, con valores menores en aguas superficiales. Se pensó que los iones del bario eran rápidamente precipitados o extraídos de soluciones por adsorción y sedimentación.

Bijan y Deschiens (1956) reportó que de 10 a 15mg/l de cloruro de bario eran letales para una planta acuática y dos especies de caracoles de tierra. Los bioensayos con cloruro de bario mostraron que una exposición de 72 horas a 50mg/l dañó el sistema nervioso del salmón coho (*Oncorhynchus Kisutch*) y 158mg/l mató el 90% de las especies examinadas (ORSANCO 1960). El bario puede ser concentrado en el pez dorado (*Carassius auratus*) por un factor de 150 (Templeton -- 1958). Los estudios soviéticos sobre radioactividad marina mostraron acumulación de bario radioactivo en órganos, huesos, escamas y branquias de los peces del noreste del Pacífico (Moisseu y Kardashev 1964 - 230). Lowman et al. (1971) listó un factor de concentración para el bario de 17,000 unidades en fitoplacton 900 en el 300 plancton, y 8 en el músculo del pez.

En vista del amplio uso del Bario, los efectos de dosis bajas de éste elemento y sus compuestos en organismos marinos bajo diferentes condiciones ambientales deberán ser determinados. La exposición a desperdicios que contengan bario dentro de las aguas cuando se precipita podría afectar a raíces acuáticas e invertebrados del fondo deberán ser evitados.

Recomendación.

Debido a la aparente concentración del bario por organismos acuáticos y el peligro resultante para la salud del humano, se recomienda que un factor de aplicación de 0.05 sea aplicado a datos marinos de 96 horas LC50 sea para los organismos apropiados más sensibles al bario, basandose en los datos disponibles hoy en día, se sugiere que las concentraciones del bario que sean iguales o excedan de 1.0 mg/l constituyen en peligro en el ambiente marino y niveles menores de 0.5mg/l representan un riesgo mínimo de efectos dañinos.

Bromo

En su forma concentrada, el bromo es un agente oxidante muy fuerte y atacará todos los metales y materiales orgánicos. Es uno de los constituyentes principales en el agua de mar, presente en aproximadamente 67 mg/l en forma de bromato, y es comercialmente extraído del mar.

El bromo es empleado medicinalmente y para la esterilización de las albercas. También es usado en la preparación de materiales de tinte y compuestos antidetonantes para gasolinas. El bromo molecular puede ser descargado en efluentes de salinas y ciertas industrias de productos químicos. La bromación de ciertas sustancias orgánicas, tales como ácidos fénicos y aminas pueden hacer las aguas más tóxicas a los organismos acuáticos.

Kott et al. (1966) Encontró que *Chlorella pyrenoidosa*, cuando se expuso a 0.42 mg/l de bromo por 4 días, fue reducida en concentración desde 2 383 células/mm² hasta 270 células, pero quedó virtualmente inmutable a 0.18 mg/l de bromo (2 383 células/mm² en la muestra expuesta).

A concentraciones de 10mg/l en agua ligera, el bromo destruyó la *Daphnia magna* (Ellis 1937) 156, y a 20 mg/l en agua de 18 a 23°C, pez dorado (*Carassius auratus*) fueron destruidos (Jones 1957). Una respuesta violenta de irritación en el pez marino fue observada a 10mg/l de bromo, pero tal actividad no fué percibida a 1mg/l (Hiatt et al. 1953 - 181).

Las sales del bromo son relativamente inocuas. El comienzo de la inmovilización para la *Rhodafina Magna* fué 210mg/l de bromato de sodio (NaBrO₃) y 8 100 mg/l de bromato de sodio (NaBr) (Anderson 1946-111).

Recomendación.

Se recomienda que el bromo molecular libre en el ambiente marino no exceda 0.1 mg/l y el bromo iónico en la forma de bromato sea mantenida debajo de 100 mg/l. Por consiguiente, no es recomendable el empleo de materiales densificantes en los lodos de perforación a base de bromuro de Sodio o de Zinc; a menos de tener la forma de no desecharlos en el mar.

CLORO

El cloro se presenta generalmente en la forma de cloruro estable la cual constituye cerca de 1.9% del agua de mar. El cloro elemental que es un gas venenoso a presión y temperatura normal, es producido por la electrolisis de una solución salina. Entre sus usos variados encontramos que se utiliza en el blanqueo de la pulpa, papel y textiles, la manufactura de productos químicos.

El cloro es usado para matar a aquellos organismos llamados molestos, etc., que tal vez interfieren con el funcionamiento adecuado de los sistemas hidráulicos. La desinfección del cloro es también usado en las provisiones de agua pública y efluentes de aguas fecales para asegurarse de que un grado aceptable de reducción coliforme es lograda antes de que los efluentes entren en varios cuerpos del agua. En todos los casos, el intento es eliminar niveles indeseables de organismos que

- degradarían los usos del agua. Este objetivo es sólo parcialmente conseguido, porque el efecto del cloro en especies deseables es un serio peligro.

Cuando el cloro se encuentra disuelto en agua se hidroliza completamente a formas de ácido hipocloroso (HOCl) o sus iones disociados; a concentraciones bajas de 1 000 mg/l, el cloro no existe en soluciones tales como Cl₂. La disociación de HOCl a H⁺ y OCl⁻ depende del pH: 4% es disociado a pH 6, 25% y pH 7 y 97% a pH 9. La forma indisociada es la más tóxica (Moore 1951 - 231). A pesar de que el cloro libre es tóxico por sí mismo en organismos acuáticos, combinaciones de cloro con amoníaco, cianuro, y compuestos orgánicos, tales como fenoles o ácidos fénicos y aminoras, pueden ser aún más tóxicos e impartir sabores indeseables al alimento marino.

El cloro a 0.05 mg/l era el nivel crítico para el salmón joven del Pacífico expuesto por 23 días (Holland et al. 1960 - 182). El comienzo letal para el salmón chino (*Oncorhynchus shawytscha*) y el salmón coho (*O. kisutch*) expuesto a 72 horas, fue señalado por estos investigadores para ser menor que 0.1 mg/l de cloro. En agua dulce aerada, las monocloraminas fueron más tóxicas que las cloraminas y la dicloramina fue más tóxica que el cloro, y la dicloramina más tóxica que la monocloramina. Los estudios de las respuestas irritantes de peces marinos a diferentes productos químicos (Hiatt et al. 1953 - 181) mostraron una actividad ligeramente irritante a 1 mg/l y una actividad irritante violenta a 10 mg/l. Las ostras son sensitivas a las concentraciones de cloro de 0.01 a 0.01 a 0.05 mg/l y reaccionan reduciendo su actividad de sondeo. A concentraciones de Cl₂ de 1.0 mg/l la actividad de sondeo efectiva no podría ser mantenida (Galtsoff 1946 - 169).

Los resultados preliminares muestran que a 15°C, la salinidad de 30 partes por mil (0/00), los copépodos maduros (*Acartia tonsa* y *Eurytemora affinis*) tienen gran dificultad para sobrevivir a las exposiciones de cloro, (Ver tabla IV-3).

Glendenning y North (1960) señalaron que a concentraciones de 5 a 10 mg/l de cloro, la capacidad fotosintética de las frondas u hojas de alga gigante (*Macrocystis pyrifera*) fue reducida de 10 a 15% después de 2 días y de 50 a 70% después de 5 a 7 días.

La clorinación en el agua de mar conduce a una concentración residual de 2.5 mg/l aniquiló a todos los organismos examinados (anemonas, mejillones, barnaclar, *Mogula*, *Bogula*) en 5 a 8 días, pero con 1.0 mg/l a muy pocas barnaclas y todas las anemonas sobrevivieron 15 días de exposición (Turner et al. 1948 282).

Debera ser aun más enfatizado que las aplicaciones del cloro pueden estar acompañadas con frecuencia por envíos en los que los organismos estan expuestos a fuertes dosis de cloro biocidal intensa turbulencia, y calor (González et al. no publicado 1971). También se deberán tomar en cuenta las consideraciones dadas a la formación de productos clorinados, tales como cloraminas en otros contaminantes los cuales pueden tener una mayor y más persistente toxicidad que las aplicaciones de cloro original.

Recomendación.

Se recomienda que un factor de aplicación de 0.1 sea usado con datos de 96-horas LC50 tomadas de bioensayos en agua de mar para las especies más sensibles a ser protegidas.

Sin embargo, se sugiere que concentraciones libres residuales, en el agua de mar, que se excedan de 0.01 mg/l pueden ser peligrosas para la vida marina. Debido a la falta de datos acerca del lugar de origen de la producción de productos clorinados tóxicos, parece prematuro avanzar en las recomendaciones.

CROMO

La mayoría de la información disponible sobre la toxicidad del cromo es para organismos de agua dulce.

Las concentraciones de cromo en el agua tiene un promedio de 0.04 mg/l (Organización de Agricultura y Alimentos 1971 - 164), y los factores de concentración de 1 600 en el alga béntica, 2 300 en el fitoplancton, 1 900 en el zooplancton, 440 en las partes suaves de los musculos, 100 en el musculo del crustáceo y 70 en el músculo del pez han sido reportadas (Lawman et al. - 1971).

La toxicidad del cromo para la vida acuática variará con el estado de violencia, forma pH, efectos sinérgicos o antagónicos de otros constituyentes, y las especies de los organismos involucrados.

En estudios de largo plazo sobre los efectos de los metales pesados en las ostras, Haydu (datos no publicados) mostraron que las mortalidades ocurren a concentraciones de 10 a 12 g/l de cromo, la mortalidad más alta durante los meses de mayo, junio y julio. Raymont y Shields (1964) reportaron que el comienzo de toxicidad a niveles de 5mg/l de cromo para los pequeños camarones (Leander squilla), 20mg/l de cromo en la forma Na_2CrO_4 para pequeños cangrejos de aguas costeras (Carcinus maenus), y 1 mg/l para la polychaete Nereis vierns. Pringle et al. (1968) mostraron que las concentraciones de cromo de 0.1 y 0.2 mg/l, en la forma de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, produjeron la misma mortalidad con moluscos como aquellos del control. Deudoroff y Katz (1953) investigaron el efecto de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en los mummichogs (Fundulus Heteroclitus) y encontraron que ellos soportaron una concentración de 200 mg/l en el agua de mar, por casi una semana.

Holand et. al. (1960) reportó que 31.8 mg/l de cromo, como cromato de potasio en el agua de mar dió el 100% de mortalidad en el salmon coho (Oncorhynchus Kistutch). Gooding (1954) encontró que una concentración de 17.8 mg/l de cromo hexavalente era tóxica para las mismas especies en el agua de mar.

Clendenning y North (1960) mostrarón que la concentración de cromo hexavalente de 5.0 mg/l de cromo redujo la fotosíntesis en el alga gigante (Macrocystis pyrifera) por 50% durante una exposición de 4 días.

Recomendación

Debido a la sensibilidad de formas menores de vida acuática y al cromo y su acumulación de niveles tróficos, se recomienda que un factor de aplicación de 0.01 sea aplicado a datos marinos de 96 horas LC 50 para los organismos apropiados más sensibles al cromo. Basándose en los datos disponibles actualmente, se sugiere que las concentraciones de cromo que sean igual o excedan de 0.1 mg/l constituyen un peligro para el ambiente marino, y los niveles menores de 0.5 mg/l presentan un riesgo mínimo de efectos nocivos. En las áreas de las ostras, las concentraciones deberán ser mantenidas a niveles menores de 0.01 mg/l.

COBRE

El cobre ha sido empleado como pesticida para la eliminación de algas en el agua, y sus sales tienen propiedades bactericidas. El cobre es tóxico para invertebrados, es empleado ampliamente en pinturas anticorrosivas marinas, las cuales lo liberan hacia el agua. También es tóxico para los niveles juveniles del salmón y otras especies sensibles (Sprague 1964, 267, 1965, 268, Sigler et al. 1966 - 263, Cope 1966 - 142).

El cobre fue el 5o. metal en el consumo de los E.U. durante 1968, siguiendo al hierro, magnesio, zinc, y bario (Depto. del Interior de los E.U., Depto. de Minas 1969) 289. El cobre es empleado para tales productos como alambres de alta transmisión, contenedores, utensilios, y moneda corriente debido a sus propiedades no corrosivas.

El cobre está ampliamente distribuido en la naturaleza y está presente en el agua de mar en concentraciones que varían desde 1 a 25 g/l. El cobre en pequeñas sumas no es letal para los organismos acuáticos; de hecho es esencial para los pigmentos respiratorios de animales (Wilber - 1969). El cobre liofilizado por lignina o citrato han sido reportados tan efectivos como el ión del cobre en el control del alga, pero aparentemente no es tan tóxico para el pez (Ingols 1955). El cobre afectó al polychaete *Nereis virens* a niveles de aproximadamente de 0.1 mg/l (Raymont y Shields 1964) y el cangrejo costero (*Carcinus maenus*) de 1 a 2 mg/l (Wilber 1969). El cobre a concentraciones de 0.06 mg/l inhibieron la fotosíntesis del alga gigante (*Macrocystis pyrifera*) por 30% en 2 días y 70% en 4 días (Clendenning y North 1960).

El cobre es tóxico para algunas ostras a concentraciones cerca de 0.1 mg/l (Galtsoff 1932) y letal para ostras a 3 mg/l (Wilber 1969). La 96-horas LC50 para las ostras japonesas expuestas al cobre han sido reportadas como 1.9 mg/l (Fujiya 1960). Sin embargo, las ostras expuestas a concentraciones tan bajas como 0.13 mg/l las torna verdes en aproximadamente 21 días (Galtsoff 1932). A pesar de que tales concentraciones del cobre no son letales para las ostras, ni aparentemente dañinas para el hombre las ostras verdes no son comerciales debido a su apariencia. Por consiguiente, en las cercanías de los territorios de las ostras la recomendación para el máximo permitible en las concentraciones de cobre en el agua es basada en la comercialidad, y se recomienda que el cobre no sea introducido dentro de áreas donde el camarón puede ser contaminado o donde el alga marina es cosechada.

El cobre actúa sinérgicamente cuando se presenta con zinc (Wilber 1969), zinc y cadmio (La Roche 1972), mercurio (Corner y Sparrow 1956), y pentaclorofenato (Ceruenka 1959). Los estudios de efectos subletales del cobre muestran que el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) evitará concentraciones de 0.0024 mg/l en experimentos de laboratorio (Sprague et al. 1965 - 270, Saunders y Sprague 1967 - 257, Sprague 1971).

El cobre es acumulado por organismos marinos con factores de concentración de 30 000 en fitoplancton, 5 000 en los tejidos suaves de los moluscos, y 1 000 en el músculo del pez (Lowman et al 1971) 221.

Bryan y Hummerstone (1971) reportó que la polychaete *Nereis diversicolor* muestra una alta absorción de cobre de los ricos sedimentos del cobre y desarrolla cierta capacidad de tolerancia. Los depredadores móviles se alimentan de éstas especies que podrían recibir dosis tóxicas para ellos mismos o podrían acumular concentraciones que serían tóxicas a mayores niveles tróficos.

Recomendación

Se recomienda que un factor de aplicación de 0.01 sea aplicado a datos marinos de 96-horas LC50 para los organismos apropiados más sensitivos al cobre. Basándose en los datos disponibles hoy en día, se sugiere que las concentraciones de cobre que sean igual o excedan de 0.05 mg/l constituyen un peligro en el ambiente marino, y niveles menores de 0.01 mg/l presentan un mínimo riesgo de efectos nocivos.

FIERRO.

Debido al amplio uso del fierro por el hombre para sus actividades industriales, el fierro es un contaminante común en el ambiente acuático. El fierro puede entrar en el agua, naturalmente, desde los depósitos de fierro; pero el fierro es con frecuencia introducido desde los ácidos del desagüe de minas, procesos minerales, descapaje del acero y corrosión. El fierro aparece generalmente en la forma ferrosa cuando es liberado de plantas procesadoras o de desagües de minas, pero llega a ser rápidamente oxidado a la forma férrica en las superficies de hidroxidos se aglomeran y floculan colocándose en la parte más baja y llegan a ser absorbidos en varias superficies. Dependiendo del pH, el agua subterránea puede contener una suma considerable de fierro en la solución, pero rara vez las aguas bien aereadas contienen fierro disuelto en grandes cantidades. En el ambiente marino, el fierro está frecuentemente presente en compuestos orgánicos y en forma absorbida en materia particular.

La mayoría de las investigaciones sobre efectos biológicos del hierro han sido hechas en agua dulce (Knight 1902, 204 Bandt 1960 - 245). El depósito de los hidróxidos de hierro en los territorios de incubación pueden afixar a los -- huevos de peces, y los hidroxidos pueden evitar las larvas y bloquear los canales respiratorios de los peces (Southgate 1948 - 265), (Lewis 1960 - 215). La toxicidad directa del hierro depende de su estado de valencia y de si está solución o suspensión.

Warnick y Bell (1969) examinaron los efectos del hierro en cachipollas, fri gáneos, y stoneflies y obtuvieron una de 96 - horas LC 50 de 0.32 mg/l para -- los tres insectos. Dowden y Bennett (1965) examinaron los efectos de cloruro fé rrico en la *Daphnia magna* en bioensayos de agudez estática. Ellos señalaron -- una LC50 de 36, 21 y 15 mg/l para 1, 2, y 4 días respectivamente.

El hidróxido férrico removió los diátomos en el proceso de floculación o -- precipitación y se depositó, cubriendo el fondo; y el hierro precipitado cubrió -- las branquias de las percas blancas (*Morone americana*), pececillos de agua dul ce, y los lados plateados en la parte superior de la Bahía de Chesapeake (Olson et al. 1941).

Las pruebas en los tres tipos de peces dieron un comienzo de letalidad para el hierro a concentraciones de 0.2 mg/l (Mikina 1964) y en la carpa a 0.9 mg/l si el pH era de 5.5 o menor. Ebeling (1928) encontró que 10 mg/l de hierro cau so serios perjuicios o la muerte a la trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*) en 5 minu tos. La Roze (1955) reportó que el cazón fué aniquilado en 3 horas a 5 mg/l - de hierro, considerando otra investigación (Consejo Nacional para el mejoramien to de ríos y arroyos 1953), indicó que no hubo muertes durante una semana a -- 10.2 mg/l.

A causa de la condición de alcalinidad del agua de mar, mucho del hierro introducido al mar se precipita. Esto añade un problema mayor del hidróxido - férrico que al precipitarse contamina los sedimentos del fondo de las raíces acuá ticas y los invertebrados podrían ser afectados.

Deberá tomarse en consideración especial para evitar la liberación de los - efluentes, que contienen hierro, dentro del agua donde las especies del fondo im portantes comercialmente o importantes organismos de alimento que habitan ahí (Por ejemplo, ostras, cangrejos de mar, camarones, almeja, el pez hipogloso, - lenguado o rodaballo, langosta americana, y los huevos depositados de los peces y las larvas).

Recomendación

Basándose en los datos disponibles actualmente, se sugiere que las concen traciones que sean iguales o que excedan de 0.3 mg/l constituyen un peligro -- para el ambiente marino, y niveles menores de 0.05 mg/l presentan un riesgo -- mínimo de efectos nocivos.

PLOMO

La presente tasa de introducción del plomo dentro de los Océanos es aproximadamente, 10 veces la tasa de introducción por causas naturales, y las concentraciones de plomo en la superficie del agua de mar son mayores que en -- aguas más profundas (Chow y Patterson 1966). La composición isotópica del -- fierro en aguas superficiales en precipitación recientes es más similar a aquellas de minerales de minas submarinas que aquella de sedimentos marinos (Chow 1968) Casi no existen datos, sin embargo, se sugeriría que las concentraciones mayores de plomo en la superficie del agua se derivaron del plomo transportado a través -- de la atmosfera y que han resultado en mayores concentraciones en la fauna mari -- na. Las concentraciones de plomo en Green Land Snow han mostrado ser 16 ve -- ces mayores en 1964 que en 1904 (Murozumi et al. 1969). En 1968, se estimó -- que 1.8×10^5 toneladas de plomo fueron introducidas a la atmosfera como un re -- sultado de la combinación de la combustión de la gasolina plomada (Consejo so -- bre la Calidad del Medio Ambiente 1971). Esto representa el 14% del total del consumo del plomo en los animales del Zoológico en la ciudad de N. Y. el cual -- fué atribuido a su respiración del aire contaminado por plomo (Bazell 1971).

Se incrementó la actividad de distribución del suero sanguíneo en animales -- mayores expuestos a pequeñas cantidades de plomo, a pesar de que no existían sig -- nos evidentes o síntomas de envenenamiento crónico del plomo en el hombre es -- sintomáticamente similar a la esclerosis múltiple (Felkowska et al. 1964). La dis -- trófica muscular ha sido reportada en peces y anfibios (Stolk 1962, 272, Wilber -- 1969-299) y en vista de estos encuentros pueden, de hecho, no ser naturales.

Se necesitan datos sobre los efectos subletales y de largo plazo del plomo en organismos acuáticos, particularmente aquellos en el agua de mar. La evidencia debido a concentraciones de plomo tan bajas como 0.1 mg/l (Jones 1938).

Wilder (1952) reportó que las langostas americanas morían de 6 a 20 días cuan -- do se mantuvieron en tanques revestidos de plomo. Pringle (datos no publicados) -- 130 observó una concentración de 0.5 mg/l de 12 semanas LC50 y una de 18 se -- manas LC50 de 0.3 mg/l de plomo en la ostra (*Crassostrea Virginica*). No hu -- bó cambios notables en el tejido gonadal y corteza cerebral debido a una expo -- sición de 12 semanas a concentraciones de 0.2 mg/l de plomo. Calabrese et al. (datos no publicados) 310 encontró una de 48 horas de las mismas especies.

North y Clendinning (1958) reportaron que el nitrato de plomo a 4.1 mg/l de plomo no mostraron efectos dañinos en la tasa de la fotosíntesis del alga -- (*Macrocystis pyrifera*) expuesta por 4 días. Ellos concluyeron que el plomo -- es menos tóxico en el alga que el mercurio, cobre, como hexavalentes, zinc -- y nickel.

Recomendación.

Debido a la falta de información mas definitiva en efectos crónicos de largo plazo del plomo en organismos marinos, se recomienda que las concentraciones de plomo en el agua de mar no debieran exceder 0.02 de las 96-horas LC50 para las especies más sensibles, y que aquella de 24-horas concentración promedio no 1959 reportó que las primeras concentraciones de cloruro de níquel como níquel de 1.5 mg/l para *Scenedesmus*, 0.1 mg/l para *Escherichia coli*, y 0.5 -- mg/l para *nicroregma*.

El níquel se presenta en el agua de mar de 5 a 7 mg/l, en plantas marinas a 3 mg/l, y en animales marinos a aproximadamente 0.4 mg/l.

Los datos de toxicidad para el níquel son limitados. El pececillo de agua -- dulce *Fundulus* fue encontrado para sobrevivir en concentraciones de 100 mg/l -- de níquel desde el cloruro en agua salada, a pesar de que las mismas especies fueron destruidas por 8.1 mg/l de la sal (3.7 mg/l Níquel) en una toma de agua -- (Thomas citado por Doudoroff y Katz 1953). Los estudios de largo plazo en ostras (Haydu datos no publicados) mostraron una mortalidad sustancial a una concentración de níquel de 0.12 mg/l. Calabrese et al. (datos no publicados) encontró 1.54 mg/l de níquel es la LC50 para los huevos de ostras (*Crassostrea virginica*).

Recomendación.

Se recomienda que un factor de aplicación de 0.02 sea aplicado a datos de 96-horas LC50 en la mayoría de las especies más sensibles a ser protegidas. Aunque no se dispone de datos suficientes, con los que se tienen, se sugiere que las concentraciones de níquel que exceden de 0.1 mg/l podrían poseer un peligro -- para los organismos marinos, y 0.002 mg/l poseerá un riesgo mínimo.

FOSFORO

El fósforo en su forma de fosfato es uno de los principales nutrientes requeridos en la nutrición del alga. En esta forma no es tóxico normalmente para los organismos acuáticos o para el hombre. El fosfato en grandes cantidades dentro de aguas naturales, particularmente en aguas dulces puede conducir a un crecimiento anormal en el alga y a la treficación. Esto es particularmente cierto si existe un porcentaje suficiente de nitrato u otros compuestos de nitrógeno para suplementar al fosfato. Así, es necesario un control de las entradas de fosfato -- en aguas marinas.

El fósforo en su forma elemental es tóxico y materia de bioacumulación en gran parte se comporta como el mercurio (Ackman et al. 1970-104, Fletcher - 1971-162). Isom (1960) reportó una LC50 de 0.105 mg/l en 48 horas y 0.025 mg/l en 163 horas para la rueda de branquias azules (*Lepomis macrochirus*) expuesta al fósforo amarillo en agua destilada a 26°C y pH 7.

El envenenamiento por fósforo en el pez ocurrió en las Costas de Newfoundland en 1969 y se demostró que puede suceder cuando la forma de un elemento -- entra al mar y no es conocida o al menos propiamente reconocida (Idler 1969, 185 Jangaard 1970, 191 Mann y Sprague 1970, 224). El fósforo elemental fué liberado en forma coloidal y permaneció en suspensión (Addison Ackman 1970). Después de iniciada la liberación del fósforo, los arenques rojos empezaron a aparecer. -- La decoloración roja fué causada por ameiosis (haemolysis), típico en el envenenamiento por fósforo en el arenque (*Clupea harengus*), y el fósforo elemental fué encontrado en el arenque, entre otros peces, recolectados 15 millas más lejos -- (Idler 1959, 185 Jangaard 1970-191).

El pez concentrará el fósforo del agua que contenga tan poco como 1 g/l -- (Idler 1969). En una serie de experimentos, un bacalao nada en aguas que contengan 1 g/l de fósforo elemental por 18 horas fué sacrificado y los regidos an-- lizados. El músculo blanco contenía aproximadamente 50 g/kg, el tejido café y grueso aproximadamente 150 g/l y el pulmón 25 000 g/l (Idler 1969-185, Jangaard 1970 191). Los hallazgos experimentales mostraron que el fósforo es realmente estable en los tejidos del pez. El pez con fósforo concentrado en sus tejidos pudo nadar distancias considerables antes de sucumbir. En adición a la decoloración -- de la superficie roja en el arenque, otras señales en el diagnóstico de envenenamiento por fósforo incluyeron decoloración verde en el pulmón y un rompimiento -- del tejido epitelial de la lamina de la branquia (Idler 1969).

Un banco de arenques entró en el puerto un mes y medio después de la operación de dragamiento, y el agua estuvo comparativamente libre del fósforo elemental (Addison et al. 1971).

Los reportes del bacalao rojo capturado en el área de la bahía Placentia fueron investigados, y se encontró que no estaba presente el fósforo en los tejidos -- del bacalao. Inspecciones en varias áreas de pesca demostraron que el bacalao -- rojo ya no existía. En estudios de laboratorio, el bacalao expuesto al fósforo ele-- mental no ha mostrado la decoloración roja observada en arenques y salmones. -- Sin embargo, el bacalao concentra el fósforo en el tejido musculoso así como en el pulmón y puede sucumbir eventualmente al envenenamiento por fósforo (Dyer et al. 1970).

Fué demostrado por investigaciones de campo y experimentos de laboratorio (Ackman et al. 1970-104, Fletcher et al. 1970-163 Li et al. 1970-216, Zitko -- et al. 1970-304, Fletcher 1971-162) que el fósforo elemental explica las mor-- talidades del pez en la bahía Placentia. Esto no quiere decir que otros contami-- nantes, tales como fluoruros, cianuros, y amonía, no estuvieron presentes (Idler 1969).

La conclusión fué obtenida por los científicos que trabajan en el problema -- del fósforo elemental en concentraciones tan bajas que se encontrarían variada-- mente dentro de los límites de detección capaces de ser concentrados por el pez -- son necesarios trabajos posteriores sobre los efectos de concentraciones muy bajas de fósforo en el pez en períodos de tiempo largos. La liberación de fósforo ele-- mental en el mar no es recomendada.

Recomendación:

Se recomienda que un factor de aplicación de 0.01 sea aplicado a datos -- marinos de 96-horas LC50 para los organismos apropiados más sensibles al fósforo elemental. Basándose en los datos disponibles actualmente, se sugiere que las concentraciones de fósforo elemental que sean igual o exceden de 1 g/l constituyen un peligro para el ambiente marino.

ZINC.

La mayoría de la información disponible sobre la toxicidad del zinc es para organismos de agua dulce.

Recomendación.

Debido a la bioacumulación del zinc a través del tejido alimenticio, con altas concentraciones que aparecen en los invertebrados particularmente, se recomienda que un factor de aplicación sea aplicada a datos marinos de 96-horas LC50 para los organismos apropiados más sensibles al zinc. Basándose en los -- datos disponibles actualmente, se sugiere que concentraciones de zinc iguales -- o que excedan de 0.1 mg/l constituyen un peligro en el ambiente marino, y niveles menores de 0.02 mg/l presentan un mínimo riesgo de efectos nocivos.

Deberá señalarse que existe un efecto sinérgico cuando el zinc se presenta con otros metales pesados, por ejemplo, Cobre y Cadmio, en cuyo caso el factor de aplicación puede tener que ser disminuido por una orden de magnitud (La Roche 1972).

4.3) CONTAMINACION POR PETROLEO

Todos los aspectos dentro de las operaciones del petróleo, refinación, transporte de crudos, exploración y actividades de producción pueden conducir a la contaminación del medio ambiente por el petróleo, si no se toman las medidas necesarias de prevención, precautorias e incluso de alivio.

El Petroleo en el Medio Ambiente.

Es interesante comparar las actividades petroleras Costa a fuera con otras fuentes petroleras en el mar. La Academia Nacional de Ciencias de los E.U. en su reciente estudio nos da los datos desarrollados en la tabla 1. Pueda verse que la estimación total de los desechos liberados por las actividades petroleras es casi un décimo de aquél, debido a las filtraciones naturales y menos que eso de lo que se debe a refinerías costeras. Observando a una de las áreas más antiguas productivas fuera de la Costa del Golfo de México, las estadísticas -- geológicas indican que durante el período 1964 al 1971, fué derramado un total de 280,000 barriles de aceite (40,000 tons.) en 39 incidentes (al menos 50 barriles de petróleo o condensado) en consecuencia con las operaciones con aceite y gas en la plataforma continental, sin tomar en cuenta el diesel derramado contenido en los Fluídos de Perforación. Durante el mismo período, casi 2 billones de barriles de aceite y condensados fueron producidos en el área. Sin embargo, aunque el daño ambiental es causado por tales derrames, fue relativamente menor, el daño potencial es aparente, y aún los derrames menores causan pregocupación al operador y requieren de las medidas discutidas aquí para minimizar cualquier efecto adverso al ambiente.

Destino del Petroleo:

La corriente del petróleo derramado depende básicamente de 3 factores, el viento, las corrientes y las olas. El viento viene a ser el más significativo, y - en general el movimiento del derrame debe estimarse como un 3% de la velocidad del viento, en la dirección que éste lleve. Además del movimiento cosas, la dirección y velocidad del derrame, debe ser considerada como opuesta a las corrientes de la superficie, que son inducidas por el viento.

Los efectos de las olas son menos conocidos aún, pero en los mares bajos parece incrementarse y en los mares altos parece reducir la velocidad de expansión.

Una expansión del petróleo es compleja, e incluso distinta según el derrame, densidad, viscosidad y volatilidad del petróleo derramado. En general, el mecanismo de expansión parece ocurrir en relación con: La gravedad, tensión superficial y difusión de la turbulencia, todos los cuales son retrasados en relación con la viscosidad.

Varios fenómenos causarán la desaparición gradual del petróleo en el mar y pueden clasificarse como inmediatos y de largo plazo. En la primera categoría existen 3 fenómenos:

- 1.- La evaporación de los componentes del petróleo según pruebas con el carbono 15 o 16, ocurren pérdidas rápidas del 100% de los componentes del C₁₀ al C₁₂; generalmente ocurren rápidamente, dentro de 24 horas, dependiendo del espesor del derrame, temperatura y turbulencia.

En derrame de crudo reciente, tales pérdidas pueden ser aceleradas, por pérdida de hidrocarburos gaseosos disueltos; para un crudo del mar del Norte puede considerarse típico una pérdida del 50% menos en el volumen hasta el C₁₂. Las pérdidas en los componentes pesados es obviamente más lenta.

- 2.- La disolución de los hidrocarburos ligeros como el benceno y el pentano también ocurre; por esto es de más importancia desde el punto de vista del efecto potencial ecológico que por lo que se refiere a reducir el volumen del derrame. Sin embargo, debe recordarse que las solubilidades de éste tipo de componentes en el agua, es menor de uno en mil, y por su gran persistencia a no separarse del aceite; se considera que solamente en 1 o 2% de los componentes solubles en agua entran en la solución.

- 3.- Dispersión Natural. - Aquí la acción de las olas separan el petróleo en pequeñas gotitas y las mantiene en el agua en suspensión. Este fenómeno está siendo apenas investigado, pero parece ser consecuencia del estado del mar.

El fenómeno de la fotosíntesis, biodegradación y sedimentación son mucho más lentos. La fotooxidación es el rompimiento del petróleo en la superficie expuesta a la luz y al oxígeno; la biodegradación es el rompimiento bacteriológico de los componentes del petróleo. Ninguno de éstos efectos resulta significativo - durante varios días, los niveles de ruptura disminuyen con el peso molecular y la complejidad (los alcanos se degradan más rápidamente que los aromáticos.)

La sedimentación se refiere solamente a los componentes de gran peso molecular; como el C₃₀ y mayores, que se pegan a las partículas de arena, uniéndose hasta el fondo aun antes de que se complete la biodegradación. En ausencia del oxígeno, la biodegradación continuará en el sedimento lentamente.

Un fenómeno más es la formación de agua en una emulsión de petróleo, permanece a flote y eventualmente formará bolas de resina. El método de formación de emulsiones es desconocido pero parece depender del tipo de crudo y de la turbulencia.

No parece ocurrir hasta que se presenta cierto grado de turbulencia en la intemperie.

El efecto de éste fenómeno es reducir considerablemente el volumen de petróleo en el mar.

Efectos Ecológicos

En cualquier discusión sobre protección ambiental durante operaciones petroleras, antes de revisar las precauciones tomadas para minimizar la contaminación, hay que conocer primero el efecto del petróleo sobre el medio marino.

Respecto a la toxicidad del petróleo sobre la vida marina, esta ha sido bastante bien definida a través de estudios en un gran número de especies. Los componentes más tóxicos son los ligeros, los componentes solubles al agua, como los aromáticos, y en menor extensión las parafinas ligeras. Sin embargo, como estos componentes son los más sujetos a pérdida mediante evaporación, y en un plazo ligeramente mayor a la biodegradación y fotoxidación, el daño que causa es limitado. Si consideramos, por ejemplo, al pentano o benceno, la completa pérdida del derrame es primariamente a través de la evaporación, misma que ocurrirá en pocas horas. Consecuentemente, el área donde un derrame puede causar niveles potencialmente tóxicos de éstos componentes, está limitada en su espesamiento a unas cuantas horas, y también a causa de su poca difusión y capacidad para mezclarse, tales concentraciones sólo se mantienen en la parte superior de la columna del agua. En conclusiones, parece que la única vida marina amenazada por estos componentes en las áreas Costa fuera, será el plancton, no los peces, ya que estos pueden sentir y a veces evita las áreas afectadas. El problema es, por supuesto muy diferente con un derramamiento costero o en aguas muy soméras, donde éstos componentes tóxicos pueden afectar directamente las playas y los bancos de peces, ya sea directamente o por el depósito de petróleo en el lecho marino.

Aunque este daño puede ser severo, tiende a ser local y la recuperación ecológica tardará usualmente los 2 ó 3 años.

El aceite batido por la intemperie, principalmente por su poca solubilidad y alto peso molecular, parece ser menos tóxico a la vida marina, pero obviamente tiene un efecto tóxico que sofoca los moluscos.

El contacto con éste petróleo y con otros componentes más tóxicos aunque más ligeros, aún en concentraciones bajas puede producir infecciones y cambio de comportamiento en los bancos que los hagan más vulnerables a los predadores. Aunque la infección puede convertir en inútiles las capturas, especialmente en el caso de los moluscos, suele presentarse una remoción y depuración de los hidrocarburos con el subsecuente contacto con aguas limpias, si se suspenden las capturas por varias semanas.

Parece entonces, que en el caso de derrames costa fuera, los efectos ecológicos afectarían primeramente al plancton y posiblemente a las larvas de áreas limitadas de aguas someras y al corto plazo por la concentración (más o menos altas) de los componentes tóxicos solubles. Las circunstancias en las cuales un daño significativo puede suceder, han sido delineadas en uno de los varios talleres que sostiene la Academia Nacional de Ciencias de los E.U., durante su estudio del destino del petróleo en el ambiente marino.

El volumen de petróleo derramado debe ser grande en relación con el cuerpo de agua que contamina.

El petróleo debe ser refinado o mantener todavía concentraciones altas de componentes tóxicos.

Las tormentas o el oleaje fuertes pueden causar que los hidrocarburos derramados sean lanzados hasta el sedimento.

Estas condiciones se presentan, por supuesto, cuando el petróleo derramado alcanza aguas someras o los límites de las costas: bajo estas circunstancias el daño ecológico puede existir, este ha sido el caso con cierto número de derrames de buques tanques. Sin embargo entonces, las áreas afectadas, se han recuperado después de algún tiempo. Excepto cuando los derrames han sido profusos.

Efectos a Largo Plazo.

La evidencia detallada es aún escasa, pero la evidencia circunstancial ha sido recuperada en forma reconsiderable. Recientemente se han completado estudios generales en áreas petroleras activas, que han colocado en mejor perspectiva éstos problemas.

Estos estudios, en los que se ha intentado precisar el efecto histórico de las operaciones petroleras, tuvieron que efectuarse en áreas de Gran Bretaña. Tres estudios de considerable importancia respecto a los efectos, grandes o escasos, de las operaciones de explotación y producción en el ambiente marino, se han completado recientemente en América y por lo tanto, no parece existir razón por la que no puedan aplicarse las conclusiones a las operaciones en el Mar del Norte.

Estudios respecto a peces en el Lago Maracaibo de Venezuela, sitio de las primeras operaciones petroleras costa afuera, se ha descubierto que la exposición con el hidrocarburo local "Tía Juana", durante 11 semanas no causa daños al crecimiento. Estudios realizados por Straughan sobre la vida marina en la Costa de California, cerca de los escurrimientos naturales de petróleo de Santa Bárbara, tampoco presentaron evidencia de que los seres marinos de ésta area, que se han visto sujetos a una continua exposición, hayan sido afectadas.

Un estudio mas reciente es de mayor importancia. Este estudio investigó los efectos acumulativos de 25 años de operación en el Golfo de México, y fue efectuado el estudio por expertos de 20 universidades. Se incluyeron alrededor de un millón de datos. En vista de la actividad de esta área que contiene 171 plataformas petroleras, algunas en producción desde hace más de 20 años; si cualquier ecosistema marino debiera mostrar efectos adversos debido a las actividades petroleras, debía ser éste. Esto es especialmente cierto, respecto a los efectos a largo plazo, que podrían quedar ocultos, por los fenómenos naturales de corto plazo.

El estudio que está casi terminado, ha presentado hasta el momento las siguientes conclusiones:

& Los fenómenos naturales dominan completamente la productividad y la salud general características del ecosistema. Estos incluyen cambios estacionales en la calidad del agua, los movimientos de la misma, y las capas turbias, que contribuyen aún más a la acumulación y sedimentación que las actividades de producción y perforación.

& La presencia de plataformas marinas y de oleoductos, tiene un efecto insignificante, el cual, en último caso, parece benéfico, debido a que las estructuras producen un efecto de arrecife, incrementando la productividad de los nutrientes básicos en la vecindad. De hecho se hayó que las densidades de colonización eran mayores en la maquinaria de las plataformas, que en cualquier otra parte del área estudiada; con su correspondiente efecto benéfico sobre las poblaciones locales de peces.

Obviamente en una área como ésta, donde las actividades de explotación y producción se han efectuado durante tanto tiempo, no había mas que unos datos útiles en que basarse para las comparaciones.

Consecuentemente, en este estudio se hicieron comparaciones entre lugares donde se perforaron y lagares en producción, con otros lugares lejanos, pero parecidos en términos del ecosistema General, sitios expuestos a los mismos fenómenos naturales, que las áreas de operación petrolera. El estudio demostró la consistencia entre los lugares activos y los lugares de control, permitiendo esta aproximación, establecer puntos de referencia para los estudios comparativos.

El resultado de estos estudios fué particularmente importante, a la luz de estas comparaciones, especialmente en lo que se refiere a las precauciones ambientales primitivas y las medidas de seguridad tomadas en los primeros días de exploración y producción, y las que están implementados actualmente en el Mar del Norte. De modo similar, se han efectuado operaciones en aguas de entre 15 y 35 metros de profundidad, más bajo que las del mar y más expuestas a perturbaciones del lecho marino durante las tormentas. Es efectivo que el ecosistema mismo difiere en muchas formas de el Mar del Norte, pero el estudio efectuado en Europa respecto a los derrames de los barcos tanque sobre el lecho marino y la vida marina de la plataforma, mostró que las conclusiones pueden aplicarse igual a las operaciones del Mar del Norte o del Golfo de México.

Limpieza y Control de los Derrames de Petróleo.

Se reconoce actualmente que el mayor daño ecológico o estético de un derrame se produce cuando son amenazadas las costas y sus instalaciones. Consecuentemente, en cuanto se produce un derrame en el mar del Norte (por actividades petroleras o cualquier otra fuente), el primer objetivo es recuperar o dispersar el petróleo antes que pueda alcanzar aguas soméras o costas. Las cuatro operaciones primordiales en cualquier derrame son:

- 1.- Limitar el tamaño del derrame. El caso de un reventón esto se logra controlando el pozo o permitiendo que se queme el petróleo en la cabeza del mismo. En el caso de una tubería o de un barco petrolero, hay que vaciar los depósitos del petróleo no derramado lo antes posible.
- 2.- Contención del derrame: esto es necesario para prevenir que la falla se haga mayor y en especial que no se acerque a la costa cuyas áreas son más vulnerables. Además, si la recuperación es posible, es mucho más sencillo efectuarla antes de que la capa de petróleo se haya adelgazado demasiado.
- 3.- Siempre que sea posible recuperar el petróleo mediante (contenimiento) y/o aparatos de recuperación.
- 4.- Tratamiento de petróleo que no puede ser recuperado debido a que la capa se a adelgazado mucho, o sea quedando atrás y cuando el mar este muy picado para el funcionamiento de los aparatos de recuperación.

El método más importante de contención de un derrame son los Booms (Artefactos diseñados para contener derrames que consisten en flotadores de los cuales están suspendidas unas faldas de material no flexible, no permeable, (plástico o hule). El alto de flotador de línea del agua, la altura de la falda y el peso dependen del uso. Estos Booms fueron diseñados para aguas cerradas y son relativamente pequeños bien ligeros, los que se usan en el mar abierto pueden usar faldas hasta de 130 cm, peso hasta de 50 kl por metro y alcances de 180 a 350 mts.). Su función es acorralar el derrame en la superficie cuando las condiciones atmosféricas son buenas, y aún cuando la mancha del derive con el viento y la corriente lo hara a baja velocidad. Obviamente, el Boom no es lo suficientemente flexible para seguir el movimiento de las olas, su uso sera inútil en mares agitados. En mares picados el petróleo es lanzado o volado por sobre el Boom.

Siempre que una mancha de derrame pueda mantenerse sin que se extienda demasiado (a veces llega a ser tan delgada que su grosor es menos del milímetro), ya sea con Booms, barreras químicas o atajandola, será posible recuperar el petróleo. Esta labor se efectua normalmente por medio de skimmers (rasadoras, desnatadoras, recuperadoras), de las cuales se han construido varios tipos.

Originalmente se diseñaron para uso en bahías y estuarios, pero actualmente, se han desarrollado algunos para uso en mar abierto. Estos skimmers operan - sobre varios principios y pueden lo mismo flotar en la marcha con una conexión - hasta el barco madre (nodriza, bombeando así el petróleo desde dentro del Boom hasta el depósito del barco que posee movilidad suficiente para maniobrar dentro de la marcha o de perseguir las secciones de ésta cuando se ha partido.

Los métodos usuales para la separación de la capa de petróleo incluyen la - separación por gravedad sobre un vertedero, donde se separa para resbalar hasta un colector (sumidero); la formación de un vórtice donde el aceite (petróleo) como es mas ligero que el agua queda retenido en el centro donde es bombeado hacia afuera; simplemente recogiendo (espumando) el aceite de la superficie; la aplicación de un disco giratorio que aprovecha la diferencia de tensiones superficiales para lanzar a un vertedero la capa de petróleo de la superficie; o el uso de un plano inclinado que se mueve sobre la superficie forzando la capa de petróleo hacia un vertedero de fondo abierto donde se recolecta.

En los lugares donde las condiciones no permiten una recuperación efectiva de petróleo lo único práctico y aceptable como alternativa es el uso de dispersantes (dispersadores). Estos consisten básicamente en dos componentes: un surfactante que rompe el derrame en gotas para formar una emulsión y un solvente que diluye el superficializador del alto peso molecular para conseguir óptima efectividad y asistir al superficializador en la penetración del petróleo. Así, la remoción del petróleo es acelerada por el tremendo incremento de área de superficie proporcionada por la emulsión que a su vez incrementa la exposición al oxígeno y hace -- más rápida la foto oxidación y la biodegradación del petróleo. El uso de dispersantes también hace mucho para evitar la formación de bolsas de resina que son - las aglomeraciones de crudo pesado que estropean las playas. La aplicación del dispersante es simple, solamente debe regarse de manera uniforme y mezclarlo con algún equipo adecuado o esperar que las olas lo mezclen cuando el tiempo es duro. El sistema más común, utilizado en muchas áreas del mundo es el desarrollado por los Laboratorios Warren Spring, que incluye Booms de aspersión que se extienden sobre los costados de los barcos, equipo de bombeo y mezcladores que se arrastran entre la mancha y se conocen como "Rejas de cinco barras".

Uno de los mayores problemas que se presentan los dispersantes eran su toxicidad. Estos se remontan al desastre del Torrey Canyon, en el cual se usaron detergentes altamente tóxicos. Sin embargo, los dispersantes de segunda generación son bastante menos tóxicos; pero antes de usarse en el mar del Norte deberán ser aprobados en el reino unido por el WSL y el ministerio de Agricultura, pesca y alimentación.

El principal problema de los dispersantes de segunda generación ha sido hasta ahora la del almacenaje y transporte del solvente, porque es usualmente un derivado del petróleo. Los Dispersantes de tercera generación utilizan agua del mar como vehículo de aplicación y por lo consiguiente presentan ventajas logísticas, considerando en general el problema de los derrames y su control y recuperación en el mar del Norte.

Es evidente que existen varias especificaciones que el equipo debe poseer para ser capaz de operar en las condiciones del mar abierto. Los Booms deben ser fácilmente recuperables y soportar el mal tiempo. Todo el equipo debe ser lo bastante ligero y fácil de manejar como para utilizarse rápidamente, teniendo desde el aire si es posible, o lo suficientemente pequeño como para que en los barcos puedan almacenarse varias unidades listas para su uso.

Otros factores a considerarse son la capacidad de bombeo de petróleo, el almacenaje del petróleo recuperado y la habilidad de recuperación de petróleo en manchas no acorraladas. El uso de dispersantes podría en cualquier caso, proporcionar protección a las áreas vulnerables contra los derrames, irrecuperables por el mal tiempo.

Actualmente, la tecnología esta aproximandose a un nivel desde el que puede considerarse factible. La UKOOA y otras asociaciones mantienen una evaluación permanente del equipo, esperando que tal capacidad potencial se complete.

MEDIDAS PREVENTIVAS.

- 1.- Hacer un análisis ecológico del área marina o lacustre en donde se llevará a cabo las maniobras de perforación.
- 2.- En caso de existir plancton, presencia de grandes bancos de moluscos y peces, proceder a un traslado mecánico del plancton y del banco, hacia zonas no afectadas.
- 3.- Reducir al mínimo el desecho de los fluidos de perforación, a través de un buen programa de fluidos de perforación, en donde se le pueda reaprovechar, para lo cual, debe instalarse, dentro del área de perforación, una planta de tratamiento para redistribución del fluido de perforación, ya que los costos - de estos sistemas, en especial los de base aceite, son muy altos.
- 4.- Auxiliarse de medios de limpieza de los recortes procedentes de la perforación, evitando tirar al mar las soluciones lavadoras agotadas de lo contrario, estas representarán una contaminación más severa.
- 5.- Instalar charolas para reducir el derrame de hidrocarburos, ya sea de máquinas o de los fluidos de perforación.
- 6.- En caso de que el fluido de perforación lleve materiales especiales, altamente tóxicos, por ningún motivo debe vertirse en el mar, sino debe ser regresado a tierra y si es posible almacenarlo en cavidades subterráneas profundas, para evitar su efecto nocivo, hasta que se le encuentre alguna utilidad.
- 7.- Evitar reventones durante las maniobras de perforación, mediante buenos programas de operación teniendo los artefactos de seguridad adecuados. Durante la producción, por el revestimiento del pozo o el sistema de producción.
- 8.- En la etapa de producción, en la primera operación de rutina, la disposición del agua de formación que se produce junto con el crudo, se debe tratar de reinyectarla, y si no fuera posible, el contenido de petróleo de esta agua, - tendrá que ser reducido mediante separadores; también se debe tener checadas y bien instaladas las válvulas de seguridad (árbol de navidad).
- 9.- En el transporte de crudos, mejorando los sistemas de bombeo, asegurando el ajuste de las líneas o mangueras. Asignar buques tanque especiales, dedicados exclusivamente a estos servicios, lo que reducirá aún más las posibilidades de error entre los distintos componentes de las compañías petroleras. Tener gran cuidado en el diseño, manufactura y colocación de las tuberías (oleoductos); la tubería usada debe apegarse a especificaciones mucho más rigurosas que la que se usa en tierra, donde cualquier reparación es mucho más económica.

La tubería marina tiene varios recubrimientos anticorrosivos y de concreto, que aseguran su peso y la protección. Durante su colocación, la tubería tiene que ser sostenida de tal manera que las secciones no se apoyen ni en la barca ni en el lecho marino. Además, los tubos del oleoducto, deben ser enterrados en el lecho marino, para prevenir los comunes daños por golpes de anclas.

CONCLUSIONES

Podemos notar el descuido tan grande que hemos hecho al medio ambiente, al no tomar en cuenta que lo estamos dañando a un ritmo acelerado; ya que no programamos nuestras actividades de desecho, que hoy en día son de primordial importancia.

Por todo lo anterior, tratado en este trabajo, podemos concluir que la naturaleza es noble y acepta todo lo que le agreguemos, pero en forma razonada, ya que todo exceso es malo.

Debemos de considerar que no todo nos lo va a aceptar, asimilar y degradar, como sucede con los materiales o sustancias tóxicas para los organismos marinos, o materiales que no son biodegradables ni siquiera a largo plazo, como los plásticos, hules, polietilenos y neoprenos, los cuales debemos de almacenar, industrializar y reaprovechar, ayudando así, a evitar en gran medida la contaminación.

Con los fluidos de perforación y los materiales que los constituyen se debe de seguir el mismo criterio; es decir, los sistemas de fluidos ya utilizados, se deben de mandar a una plataforma de tratamiento ubicada estratégicamente, para reacondicionarlo y dejarlo en óptimas condiciones para utilizarlo en operaciones posteriores. Así, atacamos directamente dos grandes problemas como son; los altos costos de los sistemas que componen los fluidos de perforación y la contaminación marina, que el hombre ha contribuido a incrementar a un ritmo acelerado, debido a los descuidos y al poco interés que el elemento humano le da a tan grave problema.

Con los elementos tóxicos es diferente, ya que si no se pueden tratar químicamente, de tal forma que se hagan inocuos a los organismos marinos, se deben de almacenar en cavidades subterráneas, para que así no ocasionen ningún daño ecológico y que en un momento dado, si se llega a encontrar el método de tratamiento adecuado o algún uso benéfico de esos elementos, se extraigan y se ocupen.

Sabemos que el mar representa para nosotros el potencial alimenticio número uno y que en un futuro no muy lejano, toda la alimentación provendrá del mar; ya que el crecimiento de la población va cada día en aumento y los alimentos provenientes de la tierra no serán suficientes y nuestra atención se enfocará hacia el mar, tratando de satisfacer las necesidades alimenticias, que cada día se agravan más. Además, como el mar es el regulador de las condiciones climatológicas, al tirar los desechos en él, automáticamente iremos alterando esas condiciones.

Es por esto, que tenemos que cuidar desde ahora el medio marino y darle la importancia debida; y uno de los caminos es concientizar a los trabajadores petroleros en general, haciéndoles ver y sentir la gravedad del problema; capacitarlos adecuadamente para el mejor desempeño de sus actividades, para evitar errores y accidentes, que ocasionen más daños a la ecología marina, así como mayores gastos a la industria petrolera del país.

GLOSARIO

Alcalinidad	Medida de pH ha sido descrita como la determinación del grado de acidez.
Ameleosis	Envenenamiento por fósforo. (Haemolysis en el arenque, decoloración roja.
Anemona	Nombre de varios pólipos hexactinarios de los géns. Carecen de esqueleto, pero se adhieren a las rocas y al suelo con un disco adhesivo que tienen en la base del cuerpo.
Antagonismo	Efecto opuesto que ejercen algunas sustancias en las reacciones metabólicas al ser incorporadas en el medio interno.
Arenque	Pez teleósteo. Familia Clupeidos. Su longitud no sobrepasa los 35 cm; en la parte superior es de color verde azulado y plateado en la inferior.
Azolve	Basura que obstruye un conducto.
Barnacla	Nombre de todas las especies de patos del género Branta.
Bentos	Conjunto de organismos vegetales y animales que viven en contacto con el fondo del mar.
Bogula	Pólipos invertebrados marinos. Moluscos.
Cachipollas	Insectos.
Caranx Latus	Mojarra (Carangidae).
Carcinogénesis	Acción y efectos de muchos agentes que tienen la facultad de producir cáncer en animales y algunos en el ser humano.
Chlorella Pyrenoidosa	Alga verde marina. Fitoplancton.
Capacidad de Amortiguamiento	Es el intervalo permisible que un elemento, como las sales de baja acidez, bicarbonatos, etc., que tiene el agua de mar, de tal manera que neutralizan a ácidos o alcalinos, convirtiéndolos en elementos inofensivos.
Cloramina	Materia colorante perteneciente al grupo de las aminas benzenicas. Entre otros usos se emplea como germicida.
Copépodos	Sub-clase de crustáceos de pequeñas dimensiones, muy comunes en el plancton marino y en el de las aguas dulces; constan de 5 segmentos torácicos. Para nadar se sirven del segundo par de antenas. Poseen un sólo ojo.

Crustáceos	Clase de artrópodos caracterizados por la presencia de dos pares de antenas y respiración branquial.
Daphnia Magna	Rulga de agua, crustáceo.
Escherichia Colo	Bacteria.
Esclerosis	Endurecimiento o engrosamiento de las membranas celulares.
Fitoplancton	Vegetales microscópicos de variadas especies que viven en suspensión en el agua y que elaboran materia orgánica por fotosíntesis; base de la cadena alimenticia de los seres vivos acuáticos.
Frigáneos	Insectos.
Homeostasis	Proceso de autorregulación que conduce a la constancia del medio interno con independencia del ambiente.
$K_2 Cr_2 O_7$	Micromato de Potasio.
Lípido	Son los productos naturales solubles en éter, cloroformo y - demás disolventes orgánicos inmiscibles en agua, pero insolubles en ella. Estos son componentes importantes de todo tejido vegetal y animal. Los aceites y las grasas son los lípidos más abundantes y constituyen una de las 3 clases importantes del alimento humano (las otras 2 son los carbohidratos y las proteínas).
Mejillón	Nombre común que se aplica a molusco lamelibranquio. Presenta una concha oval y alargada, ligeramente curvada hacia el extremo anterior, de color negro violáceo.
Mogula	Son ciertos tipos de moluscos
Mummichogs	Moluscos marinos.
Mutagénesis	Acción y efecto de un agente productor de mutaciones.
Necton	Conjunto de organismos que nadan libremente dentro del agua. Se distinguen 2 tipos de necton: uno de agua dulce y otro marino.
Nicrorégmo	Tipo de alga marina.
Pez Anádromo	Peces que como el salmón, emigran de las aguas marinas a las dulces en la época de reproducción.
Plancton	Conjunto de organismos acuáticos microscópicos, con una actividad locomotora limitada o que flotan pasivamente, de manera que son transportados por el agua.

Población Bentónica	Grupo de organismos que habitan en el fondo del mar o en cualquier cuerpo de agua.
Pólipo	Fase asexual de los animales del tipo celenterados o celentéreos; tiene aspecto de tallo o cilindro, cuya base está unida a un objeto del fondo de las aguas, o a otros miembros de la colonia; en el extremo opuesto tiene la boca, generalmente rodeada de tentáculos.
Polychaete Nereis Virens	Gusanos marinos, anélidos.
Rodafnia Magna	Pulga de agua.
Scenedesmus	Alga verde, fitoplancton (Eucarionte), Diatóneas.
Sinergismo	Acción combinada de dos o más oligoelementos, hormonas, fármacos, etc., con efecto superior de las actividades de cada uno por separado.
Stoneflies	Moscas de piedra.
Strees	Suma de reacciones generales inespecíficas desencadenadas particularmente por la actividad del eje hipofisoadrenal que conducen a un estado característico denominado strees; las causas capaces de originar éste síndrome, llamadas factores de sobrecarga ó stressantes, son múltiples y -- tienden a alterar la homeostasis.
Tejido Epitelial	Trama celular cerrada, cuyas células están separadas por pequeñas cantidades de sustancia intercelular.
Teratogénesis	Acción y efecto de un agente capaz de inducir un desarrollo embriológico con malformaciones.
UKOOA	Asociación de operadores marinos del Reino Unido.
WSL	Laboratorios Warren Spring del Reino Unido.
Zooplancton	Animales microscópicos de variadas especies que viven en suspensión en el agua.
96 horas LC50	Experimento de laboratorio consistente en la exposición de algún organismo por 96 horas con un elemento, obteniendo como resultados el 50% de mortalidad.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids.
George R. Gray, H.C.H. Darley
Gulf Publishing Company. Fourth Edition.
- 2.- Environmental Protection in North Sea Exploration and
Production Operations.
D.R. Blarkley
Marine Police Magazine. April 1977.
- 3.- Contaminación en México.
Francisco Vizcayno Murray
Fondo de Cultura Económica. 1975.
- 4.- Contaminación Marina y Estuarina.
Donald J. Reish, Gill G. Geesey, Frank G. Wilkes,
Phillip S. Oshida, Steven J. Rossi, Thomas C. Ginn.
Journal WPCF. Vol. 54. Núm. 6. Junio 1982.
- 5.- Marine Acuatc Life and Wildlife. Section IV.
Gobierno de los Estados Unidos Americanos.
- 6.- Derrame de Hidrocarburos del Pozo Ixtoc I.
Dr. Naoharu Ogawa
Editada por I.M.P. 1981.
- 7.- Tropical Marine Pollution.
E.J. Ferguson Wood and R.E. Johannes
Elsevier Scientific Publishing Company.
- 8.- Marine Pollution and Sea Life.
Mario Ruivo
Ediciones Omega, S.A.
- 9.- La Polución de las Aguas Marinas.
Dirigida por J.M. Perés
Ediciones Omega, S.A.
- 10.- Prácticas Del Laboratorio de Fluidos de Perforación.
Ing. Luis Octavio Alcazar Cancino
Tesis. U.N.A.M. 1983.
- 11.- Prevention of Offshore Pollution from Drilling Fluids.
Bobby S. Hayward, R.H. Williams and N.E. Methven
Members AIME, Oil Base, Inc.
- 12.- La Salud de los Océanos.
Edward D. Goldberg
UNESCO.
- 13.- Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental.
Centro Regional de Ayuda Técnica
Buenos Aires, Argentina. P.79.
- 14.- Control de la Contaminación de Aguas.
Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente
México, D.F.
- 15.- Contaminación
Secretaría de Salubridad y Asistencia.

- 16.- Ecología, Contaminación, Medio Ambiente.
Centro Regional de Ayuda Técnica
México, D.F. 1973.
- 17.- Revista Contaminación.
Secretaría de Salubridad y Asistencia
Bimestral. Marzo- Abril 1975.
- 18.- Turbulent Diffusion in the Sea
Bourret, R. and Brioda, S.
Mar. Sci. Gulf Caribb. 1960.
- 19.- Currents and Mixing in the Ocean.
J.P. Riley and G. Skirrow
London, Academic Press. 1965.
- 20.- Waste Disposal in the Marine Environment.
E.A. Pearson and Brooks, N.H.
New York, Pergamon Press. 1960.
- 21.- Field Dye Dispersion Studies. In Proceedings of the First U.S.
Navy Symposium on Military Oceanography.
Fisher, L.J.
Washington. 1964.
- 22.- Assessment of the effects of Pollutants on Physiology and Behaviour.
Anderson, J.M.
Phil. Trans. R. Soc.
- 23.- Changes in the Distribution and Abundance of Plankton in the
North Sea. 1948- 69. In Proceedings of the Symposium on
Conservation and Productivity of Natural Waters, 22- 23
October 1970. London, Zoological Society.
- 24.- The Effect of China Clay on the Bottom fauna of St. Austell
and Mevagissey Bays.
Howell, B.R. and Shelton, R.G.J.
J. Mar. Biol. Ass. U.K.
- 25.- The Torrey Canyon disaster and Fisheries.
Simpson, A.C.
Lab. Leaflet. Minist. Agric. Fish. Fd.
- 26.- Torrey Canyon Pollution and Marine Life: A report by the
Plymouth Laboratory of the Marine Biological Association
of the U.K. Cambridge University Press.
Smith, J.E. 1968.
- 27.- Artículos "Petroleum Abstracts". Sistema Computarizado
IMPET:
 - Bioavailability of Chromium from a used Chrome-
lignosulphonate Drilling Mud To Five Species of
Marine Invertebrates.
 - Barium Content of marine sediments near sites drilling:
a potential pollution indicator.
 - Avoiding contamination of the sea.
 - Effects of oilfield brine of marine organisms, an eco-
logical evaluation of the Aransas Bay Area, Job # 1.
 - Theoretical, Laboratory and performance characteristics
of the sewer- salt base mud system for the North Sea.
 - Prevention of offshore pollution from drilling fluids.

- Toxicity of drilling fluids their testing and disposal .
- Toxicity and environmental properties of chemical used in well drilling operations .
- Use of a bioassay test in evaluation the toxicity of drillings fluids additives on Galveston Bay Shrimp .
- Fish toxicity of dispersed clay drilling mud deflocculants .
- Toxicity study drilling fluid chemicals on acuatic life .

28.- Revistas de la Administración de Estados Unidos en Alimentos Y Drogas,
 Revistas del Dpto. de los E.U. de Salud, Educación y Bien estar ,
 Revistas del Dpto. del Interior de E.U. Dpto. de Minas,
 Libros de Texto Estandar de la Organización de Alimentos y Agricultura 1971,
 Revistas de la Administración del Control de la Contaminación del agua:

- Ackman, et. al. 1970 p. 104
- Addison y Ackman 1970
- Anderson 1945 p. 111
- Bazell 1971 p. 119
- Bijan y Deschiens 1956 p.123
- Blumer 1971 p. 89
- Bowen 1956 p.128
- Bryan y Humerstone 1971 p. 134
- Calabrese et. al.
- Ceruenka 1959 p. 137
- Chow y Patterson 1966 p. 139
- Clendenning y North 1960 p. 141
- Corner y Sparrow 1956 p. 143
- Doudorof y Katz 1953 p. 150
- Dowen y Bennett 1965 p. 153
- Ebeling 1928 p. 155
- Ellis 1937 p. 156
- Falkowska et. al. 1964 p. 159
- Fletcher 1970
- Fletcher 1971 p. 162
- Fujiya 1969 p. 165
- Galtsoff 1932 p. 168
- Galtsoff 1946 p. 169
- Goldberg et.al.
- Gonzalez et. al. no publicado 1971 p.313
- Gooding 1954 p. 173
- Haydu
- Hiatt et.al. 1953 p. 181
- Howard y Walden 1965 p. 183. Holland et. al. 1960 p. 182
- Ilder 1969 p.185, Jangaard 1970 p. 191
- Ingols 1955 p. 186
- Isom 1960 p. 180
- Jones 1938 197
- Jones 1957 p. 201
- Kalbye 1970 p. 206
- Kemp 1971 p. 202
- Knight 1901 p. 204, Bandt ,1960 p. 245
- Kott et.al. 1966 p.208

- LaRoche 1972 p. 211
- LaRoze 1955 p. 212
- Li et.al. 1970
- Loosanoff y Tommeers 1948 219 Korringa 1952 207
- Lowman et. al. 1971 221
- Meinck et. al. 1956 p. 227
- Minkina 1946 p. 229
- Moissen y Kardashev 1964 p. 230
- Moore 1951 p. 231
- Murozumi et. al. 1969 p. 235
- Olson et.al. 1941 p. 242
- Orsanco 1960 245
- Pippy y Hare 1969 p. 247
- Raymont y Shields 1964 p.263
- Sigler et.al. 1966 p. 263 , Cope 1966 142
- Skirrow 1965
- Southgate 1948 p. 265 , Lewis 215
- Sprague 1965 p. 268 y Saunders 1963 p. 271
- Stolk 1962 p. 272
- Strickland y Parsons 1968
- Sverdrup et.al. 1964
- Turner et.al. 1948 p. 282
- Wallace et.al. 1971 p. 295
- Warnick y Bell 1969 p. 297
- Wilber 1969 p. 299
- Wolgemuth y Broecker 1970 p. 303
- Zitko et.al. 1970 p. 304

29.- Principios de Química Organica.
Edward E. Burgoyne
Editorial Manual Moderno, S.A. de C.V.

30.- Patología Básica.
Robbins Stanley L. y Marcia Angell
Nueva Editorial Interamericana.

31.- Enciclopedia Salvat Editores.
Salvat Editores, S.A.
12 Tomos.