



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

DESCRIPCION DE LOS EFECTOS DE LA MAREA ROJA Y PROPUESTA DE UN PLAN
DE ACCION.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A
HUMBERTO MONTES DE OCA TEJEDA

ASESOR: Q.F.I LETICIA ZUÑIGA RAMÍREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A Dios

Te agradezco por mi vida y por que a lo largo de ella me has enseñado que yo puedo llevarla por dónde yo quiera.

A mis padres

Les agradezco su apoyo en mis decisiones. Por su amor y por que cuando los he necesitado, sin dudarlo me han dado su mano para poder ponerme de pie nuevamente y continuar así con mi camino; su amor y dedicación dieron frutos, eternamente gracias.

A mis hermanos

Por que todas las metas en la vida son alcanzables cuando así lo decidimos y tenemos la convicción de alcanzarlas a pesar de los obstáculos que a lo largo de ese camino encontremos. Quiero compartir mi alegría de haber alcanzado una meta más en mi vida.

Al CENAPRED.

Por todo el apoyo recibido para el desarrollo de esta investigación. A todo el personal de la institución. Gracias

A TÍ

Gracias por tu amor, por tu comprensión y apoyo. A esta meta llegamos juntos y estoy seguro que el resto de nuestras vidas juntos estará llena de éxitos y de amor.

MARIANO Y MONI

Nuestra amistad es una parte importante de mi vida. Colegas, los respeto y admiro como QFB.

A mi asesora, Q.F.I Leticia Zúñiga Ramírez.

Por que me ha dedicado su tiempo y ha compartido sus conocimientos con migo. Gracias por que su apoyo fue muy importante para la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A mi alma mater, y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan mi más grande agradecimiento. A la institución, a su gente, a su grandeza.

Agradezco a mis maestros que de una u otra manera participaron en mi formación como Químico Farmacéutico Biólogo.

A mis compañeros y compañeras, amigos y amigas con quienes compartí aulas, alegrías, desvelos y sobre todo por que juntos recorrimos un hermoso camino como lo es el del químico farmacéutico biólogo.

INDICE:

Índice de figuras.....	5
Índice de tablas.....	5
Introducción.....	7
Objetivos.....	9
Capítulo 1.	
1.1 Agentes causantes de marea roja.....	10
1.2 Algas.....	12
1.2.1 El crecimiento de algas.....	14
1.2.2 ¿Qué son las algas nocivas?.....	14
1.3 Generalidades de la marea roja.....	18
Capítulo 2.	
2.1 Dinoflagelados.....	19
2.2 Origen y modelos evolutivos.....	21
2.2.1 Origen de los dinoflagelados.....	21
2.3 Reproducción de los dinoflagelados.....	22
2.3.1 Ciclo reproductivo.....	23
2.4 Desarrollo dinámico de Steadinger.....	25
Capítulo 3.	
3.1 Dinámica.....	28
3.2 Clasificación de factores.....	29
3.2.1 Factores biológicos.....	30
3.2.2 Factores antropogénicos.....	31
3.2.3 Características ambientales.....	35
Capítulo 4.	
4.1 Toxinas producidas.....	43
4.1.1 Intoxicación amnésica de los bivalvos.....	45
4.1.2 Intoxicación diarreica de los bivalvos.....	48
4.1.3 Intoxicación ciguatera de peces.....	51
4.1.4 Intoxicación neurotóxica de los bivalvos.....	54
4.1.5 Intoxicación paralítica de los bivalvos.....	56
4.1.6 Intoxicación por tetradotoxina.....	59
4.2 Mecanismo general de acción de la toxina paralítica y la tetradotoxina.....	61

Capítulo 5.

5.1 Distribución de especies tóxicas.....	62
5.2 Costa Suroeste del Pacífico.....	63
5.3 Golfo de México.....	64
5.4 Mar Caribe.....	66
5.5 Golfo de California.....	67

Capítulo 6.

6.1 Plan nacional.....	69
6.1.1 Plan de acción.....	69
6.1.3 Estrategia.....	70
6.2 Criterios a considerar.....	71
6.3 Propuesta de acción para Protección Civil.....	72
6.3.1 Sistema de alerta temprana.....	72
6.3.1.1 Por observación directa.....	72
6.3.1.2 Monitoreo de rutina.....	74
6.3.1.3 Diagrama de flujo de la información.....	74
6.3.2 Evaluación de la severidad de el problema.....	75
6.4 Prevención del consumo de productos contaminados.....	77
6.5 Información histórica para archivar.....	77

Capítulo 7.

7.1 Técnicas de cuantificación de toxinas.....	78
7.2 Bioensayo de ratón.....	78
7.2.1 Equipo.....	79
7.2.2 Reactivo.....	80
7.2.3 Materiales.....	80
7.3 Cálculos.....	81
7.4 Uso de estándares en el ensayo de rutina de moluscos bivalvos.	83
7.5 Colecta y preparación de muestras para su análisis.....	83
7.5.1 Colecta de moluscos.....	83
7.5.2 Preparación de muestras.....	84
7.6 Extracción de PSP.....	85
7.7 Prueba de bioensayo de ratón.....	85

Conclusión.....	90
-----------------	----

Anexo.....	92
------------	----

Glosario.....	93
---------------	----

Bibliografía.....	107
-------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 2.3.1	Etapas del ciclo de vida de los dinoflagelados	24
Fig. 2.4	Concepto actual de la dinámica de la marea roja.....	27
Fig. 3.2.3	Procesos de concentración algal.....	39
Fig. 4.1.1	Ácido domoico.....	47
Fig. 4.1.2	Ciguatoxina.....	49
Fig. 4.1.3	Ácido okadoico.....	52
Fig. 4.1.4	Brevetoxina.....	55
Fig. 4.1.5	Ácido saxitoxina.....	57
Fig. 4.1.6	Tetradotoxina.....	60
Fig. 4.2	Mecanismo general de acción de la toxina parálitica y la tetradotoxina.....	61
Fig. 5.2	Distribución en las Costas del Suroeste del Pacífico.....	63
Fig. 5.3	Distribución en el Golfo de México.....	65
Fig. 5.4	Distribución en el Mar Caribe.....	66
Fig. 5.5	Distribución en el Golfo de California.....	68
Fig. 6.3.1.3	Diagrama de flujo de la información.....	75
Fig. 6.3.2	Procedimiento B.....	76
Fig. 7.3	Estandarización del método del bioensayo.....	82
Fig. 7.7	Extracción de la toxina.....	89

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla A	Tabla de abreviaturas.....	6
Tabla 1	Subdivisión de algas y su importancia.....	13
Tabla 6.3.1	Parámetros para algunas toxinas	73
Tabla 7.3.1	Tabla de Sommer's.....	87
Tabla 7.3.2	Tabla de corrección de pesos.....	88
ANEXO A	Estructura del dinoflagelado.....	86

TABLA A. DE ABREVIATURAS.

ATP	Adenosintrifosfato.
ASP	Toxina parálitica de los moluscos.
AZP	Azspiracida
CTX	Ciguatoxina
DSP	Toxina diarreica de los moluscos.
FAN	Floraciones algales nocivas.
FC	Factor de conversión.
FCP	Factor de corrección de peso.
FD	Factor de dilución.
g.	Gramos
HAB	Harmful algal bloom. (florecimientos algales nocivos.)
MTX	Mitilotoxina
mL	Mililitros.
NSP	Toxina neurotóxica de los moluscos.
PSP	Toxina parálitica de los moluscos.
SCTX	Scariotoxina.
TTX	Tetradotoxina.
TM	Tempo de muerte.
UMAR	Universidad del mar.
UR	Unidades ratón.
URC	Unidades ratón corregidas.
µg	Microgramos.
PMSMB	Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos.
COFEPRIS	Comisión Federal Para la Protección Contra Riesgos Sanitarios.
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres.
CANAISPESCA	Camara Nacional de la Industria Pesquera.

INTRODUCCION:

La protección de los recursos oceánicos y costeros tiene importancia fundamental para el hombre y el futuro de la vida en la Tierra. Ésta es, esencialmente, un planeta acuático en el que los océanos cubren más del 70 por ciento de su superficie, y contienen los ecosistemas más complejos y diversos. Las especies marinas juegan un papel central en los ciclos biológicos, químicos y físicos de los que depende toda vida.

Además de servir como hábitat para grandes cantidades de plantas y animales, los océanos también proveen alimentos para el ser humano. Más de la mitad de la población de los países en desarrollo obtiene 40 por ciento o más de su proteína animal total de los productos marinos. Los productos pesqueros se utilizan para alimento de animales, fertilizante, jabones, productos farmacéuticos y otros productos comerciales. Los océanos también representan enormes reservas minerales y energéticas.

La cosecha de muchas especies marinas es peligrosamente alta, dada su capacidad limitada de reproducción y el estrés ambiental a la que estamos sometiendo los recursos. Este impacto incluye contaminación de fuentes industriales, municipales, agrícolas, derrames petroleros, desechos tóxicos y la destrucción de ecosistemas por la urbanización de zonas costeras. La actividad humana es responsable de un amplio rango de amenazas a la rica diversidad de la vida marina. Las causas del daño al medio ambiente marino costero son variadas y complejas, pero todas están relacionadas a la alta concentración de población humana en la zona costera. Aproximadamente dos terceras partes de la población mundial vive a lo largo de las costas y los ríos que drenan a las aguas costeras. Esta alta concentración de población es causa de la mayor parte del daño a los recursos marinos y costeros.

Las fuentes principales de daño a los recursos marinos son descargas de origen terrestre como el drenaje, descargas industriales, emisiones urbanas y agrícolas, la deforestación, construcción y desarrollo en áreas costeras, las descargas en mar de material dragado y desechos peligrosos, las descargas y fugas de petróleo, los plásticos desechados, la sobre pesca y el uso de técnicas pesqueras ineficientes.

La contaminación por fuentes diversas ya ha tenido un efecto importante sobre la posibilidad de obtener alimentos de algunas áreas. El peligro de enfermedades como cólera, hepatitis y gastroenteritis por el consumo de alimentos marinos va en aumento. Actualmente se está presentando a nivel mundial el fenómeno de la marea roja que no es nuevo pero sí es cada vez más frecuente. En muchos países del mundo este fenómeno es conocido desde hace siglos. El incremento de la navegación comercial ha favorecido mucho su dispersión, y probablemente sea la causa de su reciente aparición en áreas que hasta hace poco se consideraban libres del problema. Argentina y Uruguay han sido los últimos países en América del Sur en verse afectados.

Hablar de Marea Roja es sinónimo de preocupación en los países latinos, principalmente en las zonas costeras por las severas consecuencias observadas, ya sea por el riesgo de

intoxicación o muerte por consumo de moluscos bivalvos (conchas, ostiones, almejas, mejillones, callo de margarita, caracoles, etc.) o por las pérdidas económicas ocasionadas por la veda sanitaria o prohibición de captura, comercialización y consumo de este tipo de productos.

Existen dos consecuencias, La primera y más importante es el daño a la salud de las personas. Los diferentes tipos de toxinas que encontramos en la marea roja producen en mayor o menor grado daño a la salud del hombre. La segunda consecuencia que acarrea la marea roja o FAN para el ser humano es el daño económico, tanto para empresas exportadoras como para pescadores artesanales y población en general. Existen grandes extensiones de mar que están en veda, lo que hace que muchas familias vean mermados sus ingresos económicos incluso, en lugares aislados es la única fuente de alimentos.

Los estudios realizados en los últimos años determinan que en México y en los países centroamericanos, la producción y presencia de marea roja en los bivalvos puede presentarse en cualquier época del año de forma impredecible. Ciertas especies de dinoflagelados causantes de marea roja pueden enquistarse y establecerse en el sedimento marino. Después de semanas, meses e incluso años, los quistes de algunas especies pueden ser viables. Cuando la temperatura es cálida y existe un incremento en la intensidad de la luz, los quistes "germinan", y la célula emerge nadando. Si las condiciones permanecen óptimas, las células continúan dividiéndose en forma exponencial, hasta el grado de que una célula puede llegar a producir de 6 000 a 8 000 células en una semana, periodo al que se denomina *bloom* (floreamiento), ya que se da un crecimiento masivo de estos organismos.

Actualmente las mareas rojas son motivo de preocupación para los Centros de Salud por su evidente incremento y por que algunas especies de diatomeas y dinoflagelados son responsables de contaminar moluscos bivalvos que al ser ingeridos producen intoxicaciones severas en el ser humano.

En México, tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México se presenta la marea roja, pero la incidencia reportada de este tipo de intoxicación ha sido baja, lo que quizá se deba a que en la mayoría de los casos no se logra diagnosticar como tal o no se reporta a las instituciones médicas.

Por todo esto surge la necesidad de realizar una investigación de los distintos factores que generan el fenómeno de la marea roja y de las características con que manifiesta en los seres humanos al consumir los productos del mar contaminados. Para poder establecer información que permita a las organizaciones como protección civil tener bases bien fundamentadas para tomar las medidas preventivas necesarias que permitan tener bajo control y trabajar en coordinación y de la mano con las autoridades salud. Esto hace que sea necesario estudiar el fenómeno para así poder comprender y convivir de mejor manera con la bella naturaleza que nos rodea.

OBJETIVO:

- “Describir la problemática de la marea roja en la costas de México a través de la recopilación de información bibliográfica, hemerográfica y electrónica más actual, que permita la adecuada intervención de protección civil ante una emergencia por marea roja.”

Objetivos particulares:

- Describir la dinámica de la marea roja.
- Describir los efectos nocivos a la salud, producidos durante el fenómeno de marea roja por las toxinas.
- Determinar la distribución de especies e identificar las zonas afectadas por marea roja en las costas de México.
- Proponer un plan de acción y prevención.
- Presentar la principal técnica de cuantificación de toxinas.

CAPITULO I

1.1 Agentes causantes de la marea roja.

El planeta Tierra, una conmovedora esfera azul, bastante única en nuestro sistema solar, es el hábitat de la especie "*humana*", según nos hemos auto nominado.

El planeta Tierra tiene el aspecto de una esfera, ligeramente aplastada en los polos y está rodeado de su propia atmósfera gaseosa. Su radio medio es de unos 6 371 Km, su circunferencia ecuatorial es de 40 076 Km., mientras que los círculos que pasan por sus polos miden unos 40 009 Km. El planeta se encuentra a unos 150 millones de kilómetros de su Sol, el que provee la energía que permanentemente ingresa al planeta.

Si bien sólo un cuarto de la superficie del planeta es tierra sólida, su densidad media es de 5,52 Ton/m³. La superficie del planeta Tierra, en tanto, es de unos 510 millones de kilómetros cuadrados, es decir, la superficie de los continentes es de unos 128 millones de kilómetros cuadrados. (Álvarez, 1978)

Si se observa el planeta desde el espacio exterior, este se ve originalmente azul. Tal coloración la adquiere por su particular atmósfera, que conforma la capa material más externa del planeta. Se distingue también la hidrosfera, conformada por los océanos y líquidos superficiales del planeta e, interactuando con las componentes gaseosa y líquida, se observa la litosfera o parte sólida. Esta última contiene la corteza terrestre propiamente tal (llamada *sial*), una capa viscosa más interior (llamada *sima*) y un núcleo central sólido pero elástico (llamado *nife*). Un aspecto muy singular del planeta Tierra es la presencia de vida en él; todas las partes del planeta que soportan la vida se conocen conjuntamente como la biosfera. ⁽⁹⁸⁾

El medio marino ocupa una gran superficie de la tierra de manera que la cantidad de especies que se pueden encontrar es muy grande, habiéndose adaptado a las condiciones que se dan en este ecosistema.

Entre los organismos fotosintéticos, tenemos que mencionar, principalmente, al fitoplancton, en la base de la cadena trófica, puesto que sirve de alimento para el resto de los animales (zooplancton).

Los animales marinos pueden formar parte del sistema pelágico (nadando en la columna de agua) o del sistema bentónico (viviendo en los fondos marinos). Los animales pertenecientes al sistema pelágico se dividen en plancton y necton, que se diferencian por el modo de locomoción.

El plancton está formado por animales y plantas que nadan para mantenerse flotando. El fitoplancton consiste en algas microscópicas entre las cuales los órdenes más importantes serán las diatomeas y los dinoflagelados. Por otro lado, en cuanto al zooplancton, tienen gran importancia unos crustáceos copépodos que se denominan krill, pero además, dentro de este grupo, también hay que considerar los protozoos, ctenóforos, poliquetos, gasterópodos, pueden ser herbívoros y carnívoros.

El necton comprende a los organismos que nadan para trasladarse de un lugar a otro, independientemente del movimiento del agua.

Los organismos propios del sistema bentónico se denominan bentos. Los organismos marinos viven en un ambiente relativamente variable y, por eso, frente a las características ecológicas del hábitat en el que se encuentran, presentan adaptaciones en cuanto a su morfología, fisiología y bioquímica. (Valla, 1979)

El viento es otro de los factores que pueden influir sobre la pesca generando los afloramientos de nutrientes procedentes de aguas profundas, los cuales son consumidos por las aves y el plancton, estableciéndose las relaciones que cierran el ciclo trófico.

Contaminación. La contaminación viene derivada de las actividades antrópicas como el limpiado de embarcaciones, agricultura, industria, (metales pesados), etc. Algunas de estas actividades pueden producir la eutrofización del medio y provocar un crecimiento excesivo de algas que pueden ser tóxicos o alterar las condiciones.

Otro problema será el calentamiento global, de manera que algunos organismos se ven influidos por los cambios de temperatura o por la incidencia de los rayos UV-B y, como consecuencia, se puede ver alterada toda la cadena trófica. Estos puntos serán tratados mas adelante con mayor amplitud. Para poder entender el fenómeno de la marea roja es importante abarcar y analizar todo lo que rodea al fitoplancton ya que es el agente causante de la marea roja.

Las algas forman la maquinaria necesaria para la síntesis orgánica a partir de la energía solar. Son verdaderos transductores de energía solar (luz y calor) a energía de enlaces químicos. Toda la cadena alimenticia del globo terráqueo descansa sobre la fotosíntesis (se conocen muy pocos casos de utilización de elementos inorgánicos), de modo que su importancia es del todo evidente; las aguas que reciben excesos de nutrientes suelen alojar una cantidad muy grande de algas, a tal punto que su crecimiento excede los límites de densidad natural y se agota el sustrato, problema conocido como el *florecimiento de algas*; además, las algas son del mayor interés para el tratamiento de aguas servidas en *lagunas* (o pozos) ya que permiten mantener condiciones. (Valla, 1979)

1.2 Algas

Exceptuando el alga azul-verde que, es hoy en día considerada una bacteria (en particular una *cyanobacteria*), las algas tienen un núcleo rodeado por una membrana (la membrana nuclear) y son, por lo mismo, un protista eucariote (tienen núcleo diferenciado).

El tamaño de las algas recorre desde las microscópicas algas del fitoplancton, *unicelulares*, hasta las grandes algas marinas *multicelulares*. En todo caso, las algas son más grandes que las bacterias, de estructuras mucho más sofisticadas y altamente organizadas. La mayoría de las algas son fotosintéticas; sin embargo, tienen la capacidad de utilizar energía química en ausencia de luz.

Los pigmentos fotosintéticos se encuentran en corpúsculos diferenciados llamados plastidios, cloroplastos o cromatóforos. Como se indicó antes, las algas son fundamentales para la cadena alimenticia acuática; además, producen la mayor parte del oxígeno atmosférico libre, como un subproducto de la fotosíntesis necesaria para proveer su propia vida.

Las algas se clasifican según sus diferencias morfológicas, de tamaño y de composición química, La **tabla 1**. Despliega las clasificaciones típicas de las algas.

Si bien las algas y los fotosintetizadores en general son los productores primarios de alimento en la cadena alimenticia acuática, pueden también producir problemas en los sistemas de agua potable ya que contribuyen al olor y el sabor; pueden bloquear el paso de agua en tuberías; bloquear medios filtrantes y demandar alta clorinación.

El excesivo desarrollo lleva al florecimiento de algas, (debido a la eutroficación de cuerpos líquidos) que forma una capa (sábana) de material orgánico cuyo aspecto estético es inaceptable para aguas de aseo. (Hallegraef, 1975)

Tabla 1: Subdivisión de las algas y su importancia. (Hallegraef, 1975)

Nombre usual	Taxonómico	Importancia
Algas Verdes	<i>Chlorofita</i>	Productores de oxígeno libre; antecesor de plantas.
Euglenoides	<i>Euglenofita</i>	Sin paredes; posible forma de transición evolutiva entre algas y protozoos.
Diátomas	<i>Crisofita</i>	Productores de oxígeno, vitamina A y D; tierra diatomacea útil para filtros y abrasivos.
Dinoflagelados	<i>Pirrofita</i>	Envenenan mariscos
Algas rojas	<i>Rodofita</i>	Productora de agar

1.2.1 El crecimiento de algas.

Tanto el drenaje como las descargas agrícolas introducen grandes cantidades de nitrógeno y fósforo a las aguas costeras. Estos compuestos provienen de los detergentes, fertilizantes y desechos humanos que alimentan las algas y pueden provocar su crecimiento excesivo. Este crecimiento puede, en ocasiones, absorber todo el oxígeno del agua, causando la muerte por asfixia de las especies locales.

En México, en la laguna de Bojórquez, en Cancún, existe un estado de casi-eutroficación debido a la acumulación de desechos orgánicos de la zona hotelera, vertidos sin tratamiento previo a la laguna desde hace varios años.

En muchas ocasiones, las algas de estos crecimientos excesivos tienen un color café o rojo, por lo que se les conoce como *mareas rojas*. Asimismo, en algunos casos, estas algas producen fuertes toxinas que pueden llegar a matar incluso a los humanos que los consumen a través de moluscos. En los mares de Japón ocurren alrededor de 200 mareas rojas cada año. En 1987, una marea roja mató más de un millón de peces con un mercado potencial de 15 millones de dólares. Igualmente, una marea roja asfixió millones de salmones y truchas de mar en Escandinavia, cuando las algas bloquearon el paso de oxígeno a sus agallas. Otra fuente importante de nitratos que promueven las mareas rojas es la lluvia ácida proveniente de los óxidos de nitrógeno, producto de la combustión interna en vehículos automotores.

Si bien son numerosas las especies que producen cambios en la coloración del agua y esto se asocia al denominado fenómeno "marea roja", son muy escasas las especies asociadas a episodios de toxicidad en moluscos y menos las que han provocado efectos nocivos en el hombre. (Hallegraef, 1975)

1.2.2 ¿Qué son las algas nocivas?

Las floraciones de fitoplancton, las floraciones de microalgas, las mareas rojas o algas nocivas son todos términos comunes a los fenómenos naturales de la intoxicación en peces. Cerca de 300 especies de microalgas son capaces de crecer masivamente formando lo que se conoce como floraciones. La cuarta parte de estas especies son productoras de toxinas. Si bien todos estos eventos son considerados por la comunidad científica internacional dentro del término "floraciones de algas nocivas", algunas especies tienen efectos tóxicos aún en bajas densidades, lo que significa que no todas forman "floraciones"

Proliferaciones de microalgas en aguas marinas o estuarinas pueden causar mortandades masivas de peces, contaminar los productos del mar con toxinas y alterar los ecosistemas de forma negativa para el hombre.

Pueden distinguirse dos tipos de organismos:

Los productores de toxinas, que pueden contaminar los productos del mar o matar peces y los productores de grandes biomásas, que pueden causar anoxia y mortandad indiscriminada de fauna acuática. Algunas floraciones algales nocivas tienen ambas características. Aunque las floraciones algales nocivas ocurrieron desde hace siglos, estudios de regiones afectadas por pérdidas económicas e intoxicaciones humanas han demostrado que ha habido un drástico incremento en el impacto de las FAN en todo el mundo en las últimas décadas.

Debe recordarse que el efecto negativo de las FAN es directo sobre las pérdidas económicas y el impacto en la salud humana. Cuando las algas contaminan o destruyen los recursos costeros, el sustento en las comunidades cercanas se ve comprometido, generando graves efectos en los productos del mar. El impacto de las microalgas nocivas es particularmente evidente cuando los recursos marinos, como la acuicultura son afectados. Los mejillones, berberechos, almejas y otros moluscos no son visiblemente afectados pero acumulan las toxinas en los órganos. Las toxinas pueden ser transmitidas al hombre a través del consumo de productos del mar y convertirse en un serio riesgo. Aunque la naturaleza química de las toxinas es muy diversa, generalmente no cambian ni reducen la toxicidad mediante la cocción, ni influyen en el gusto de la carne lo que genera una mayor dificultad para su prevención.

Desafortunadamente la detección de productos del mar contaminados o no aptos para consumo no puede hacerse en el lugar por los pescadores o consumidores, sino que para estar seguros de que están debe hacerse una prueba de laboratorio. Para reducir el riesgo de intoxicaciones graves, se requiere un monitoreo intensivo de la composición de especies del plancton en la zona de cosecha de mariscos y bioensayos o análisis químico de los productos del mar para determinar la toxicidad de los mismos. (Valla, 1979)

Las mareas rojas son el producto de la concentración masiva y esporádica de fitoplancton, principalmente de algunas especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* y de dinoflagelados de los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium*, entre otros. Aunque pueden ser frecuentes, en general son impredecibles y de permanencia o duración corta e irregular. Este fenómeno ocurre cuando interactúan en el medio marino ciertos factores biológicos, antropogénicos y ambientales (físicoquímicos). Dentro de estos florecimientos hay algunos que no alcanzan densidades tan altas como para colorear el agua y sin embargo son muy dañinos; se les llama entonces florecimientos algales perjudiciales o, por sus siglas en inglés, HAB (*Harmful Algal Bloom*), los cuales contienen toxinas y pueden causar efectos negativos. (Takayuki S, 1993)

En la marea roja en México se han registrado densidades de 0.5 a 36 millones de células de fitoplancton por litro, pero el intervalo más común de abundancia para considerar un florecimiento algal como marea roja es entre 5 y 20 millones de células por litro.

Son fenómenos que se producen en las masas de agua tanto continentales como marinas en zonas costeras o regiones oceánicas, ocasionadas por microalgas que forman parte de los productores de los ecosistemas acuáticos, denominados en general como fitoplancton debido a sus características particulares de permanecer suspendidas en el agua y de dejarse llevar por los movimientos de ésta. Estos organismos son la base de las cadenas alimentarias en los

ecosistemas acuáticos, ya que son fotosintéticos y sostienen el resto de las tramas o redes tróficas. Están constituidos por una sola célula y son de tamaño microscópico desde unos pocos micrones hasta aproximadamente 100-150 micras.

Las especies más comunes de fitoplancton que se presentan en las mareas rojas mexicanas son *Prorocentrum dentatum* y *P. minimum*, los cuales son dinoflagelados de estructura geométrica comprimida, de color pardo, con estructura de placas simple y con amplia capacidad de desplazamiento vertical.

Las especies comunes en florecimientos tóxicos son: *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax polyedra*, *Alexandrium* sp. y *Ptychodiscus brevis*; estas especies también son dinoflagelados y son un poco más complicados en cuanto a su recubierta externa. Durante las mareas rojas las personas pueden intoxicarse mediante la ingestión de moluscos contaminados, o por contacto directo con el mar en el momento en que está presente un florecimiento de estos dinoflagelados o por la inhalación de aerosoles que contengan las toxinas, causando irritación en las vías respiratorias.

Desde que las mareas rojas han causado intoxicaciones en humanos por consumo de moluscos y muertes masivas en los peces, se considera que han afectado a la economía, reduciendo la venta de mariscos y disminuyendo el turismo. Ante esto surgió la pregunta de cómo se podría controlar este fenómeno. Ya se han postulado varios métodos de control, como son introducir depredadores, parásitos, patógenos, añadiendo sustancias tóxicas o inhibidores de crecimiento, cambiando los parámetros óptimos ambientales, tales como la luz, creando turbulencias y turbidez, entre otros.

Pero para poder controlarlas es necesario detectarlas. Con la experiencia, se ha visto que las mareas rojas no pueden ser detectadas a simple vista desde la superficie si éstas no alcanzan una concentración de 10^3 a 10^4 células por litro; actualmente la detección se lleva a cabo utilizando técnicas ópticas, aunque éstas tienen sus limitaciones ya que se llevan a cabo *in situ*. (Valla, 1979)

Al igual que ocurre con otros fenómenos, las mareas rojas requieren aún muchos estudios que las caractericen y que ayuden a desentrañar todos sus misterios. Igualmente es imprescindible informar a la población al respecto y estar atentos para aplicar las medidas ambientales y de salud pública necesarias cuando se presenten y actuar con eficacia ante los casos de envenenamiento humanos. (Takayuki S, 1993)

Las microalgas son microorganismos unicelulares (formados por una sólo célula) hay tres de ellas que producen distintas toxinas dañinas para el ser humano y que por los daños que generan son las de mayor trascendencia:

- *Alexandrium catenella*: productora de la toxina paralizante de los mariscos. En el hombre y animales provocan parálisis de las extremidades y posteriormente la muerte por paro cardio-respiratorio.
- *Dinophysis acuta*: productora de la toxina diarreica de los mariscos, en el ser humano provoca diarreas.
- *Pseudonitzschia sp.*: productora de la toxina amnésica de los mariscos, en el ser humano provoca pérdida de la memoria de corto plazo.

Todas estas toxinas son metabolitos que están presentes en el interior de las microalgas y no son eliminadas al exterior. Estas microalgas son concentradas en los moluscos bivalvos (de dos conchas) como los choritos, almejas, ostras, ostiones, culengues, etc. Al filtrar los moluscos el agua para obtener sus alimentos, las microalgas quedan alojadas en el intestino de estos mariscos, por lo tanto al consumir el marisco se está ingiriendo también la toxina. (Takayuki S, 1993)

1.3 Generalidad de la marea roja.

Las mareas rojas se dan durante la primavera y el verano, cuando los vientos soplan y enfrían la capa superficial del mar, el agua del fondo emerge para reemplazar el agua superficial. Esta agua emergente, además de ser rica en nutrientes, puede contener grandes cantidades de quistes de dinoflagelados que están en fase de latencia.

Una vez que el afloramiento es menos intenso, el agua se calienta y se vuelve más tranquila, entonces los quistes germinan y comienzan a crecer y a dividirse. Los vientos y las corrientes marinas pueden contribuir a concentrarlos. En poco tiempo el «*bloom*» (la floración) se vuelve tan densa que cambia el color del agua con el resultado de una marea que puede ser roja, verde, amarilla, etc. Según los pigmentos del fitoplancton en cuestión.

En algunas especies esa proliferación acelerada de dinoflagelados se asocia con la producción de neurotoxinas, la cual daña a la vida marina que se alimenta de estos dinoflagelados. El resultado puede ser la muerte masiva de peces y ostras (bivalvos), más que otras formas de vida marina. Si el animal que contienen esas toxinas es comido por los humanos, el resultado puede ser enfermedad y en algunas ocasiones la muerte.

Los moluscos son animales filtradores, lo que significa que bombean agua para obtener el fitoplancton que emplean como alimento. En el caso de ingerir células portadoras de PSP, como en el caso del *Alexandrium*, éstas se rompen y el material celular queda libre junto con la toxina en el sistema digestivo del animal. La toxina pasa después a las diferentes partes del molusco que se vuelve tóxico.

Las neurotoxinas afectan la función muscular impidiendo la transmisión normal de los mensajes electroquímicos de los nervios a los músculos, porque interfieren con el movimiento de los iones de sodio a través de la membrana celular, como se mencionara con mayor amplitud mas adelante. Los humanos pueden envenenarse por comer peces en el caso de la ciguatera o por comer bivalvos como almejas o mejillones, este es el llamado envenenamiento paralítico de los bivalvos (PSP, por sus siglas en ingles). En cuya condición resultante no sería fatal. (Álvarez, 1978)

CAPITULO II

2.3 Dinoflagelados

Se enquistan y se depositan en el fondo marino, cuando las condiciones ambientales son adversas. Al contrario a condiciones favorables (temperatura del agua, luz, salinidad, presencia de nutrientes) pierden su cobertura protectora y se desarrollan en un ciclo reproductivo exponencial llamado florecimiento. Como se muestra en la Fig. 2.3.1.

La marea roja se presenta como la coloración del agua de mar donde se ha reproducido el plancton aceleradamente, las mareas rojas tóxicas están acompañadas con la presencia de color en el agua, no necesariamente y también se han reportado casos de florecimientos de especies inocuas que producen coloraciones.

Las algas microscópicas juegan un papel vital en los ecosistemas marinos y en la productividad de los mares, ya que son el primer eslabón de la cadena alimenticia: sirven de sustento a especímenes en las etapas larvaria y juvenil de varias especies de importancia comercial como peces, caracol, ostión, almeja, mejillón y callo de hacha. (González L, 1994)

El nombre de dinoflagelados viene del griego *dimos* que significa giratorio.

Muchas especies de los dinoflagelados son formaciones planctónicas marinas. Uno de los grupos más raros de protistas es el de los dinoflagelados. La mayor parte de ellos son unicelulares, aunque existen muy pocas las formas coloniales. Sus células, a menudo, están cubiertas por placas de celulosa impregnadas de silicatos.

Dentro de la clase mastigóforos flagelados, cuyo nombre vienen del griego *mastix* que significa látigo y *phoros* que significa llevar están los Fitomastiginos, dentro de los cuales están el género *Euglena* los que son de vida libre, son coloreados debido a la presencia de grupos cromóforos.

Las especies del orden dinoflagelados son principalmente de origen marino y suelen tener una especie de armadura celulósica y formada por dos placas: *ceratium* y *peridium*. Junto a las diatomeas son parte importante del plancton microscópico o "prados del océano" y constituyen el alimento de pequeñas larvas, crustáceos y otros animales marinos.

Cada dinoflagelado tiene 2 flagelos: uno arrollado en surco transversal que está situado en el centro de la célula como un cinturón, el otro flagelo está colocado en un surco longitudinal, perpendicular al otro, y se proyecta más allá de la célula. La ondulación de estos flagelos impulsa al dinoflagelado en el agua con un movimiento de trompo giratorio. (González L, 1994) En el **anexo A** se muestra esquema de la estructura del dinoflagelado.

La mayor parte de los dinoflagelados realiza la fotosíntesis y poseen pigmentos de clorofila A, clorofila C y carotenoides.

Algunos son incoloros y se alimentan ingiriendo otros organismos. Sus productos de almacenamiento son aceites y polisacáridos. Muchos son endo-simbióticos, que residen en invertebrados marinos como medusas, corales y moluscos.

Esta variante carece de placas de celulosa y de flagelos y se denominan Zooxanteles; éstos proporcionan alimento a su socio invertebrado.

La contribución de éstos a la productividad de los arrecifes coralinos es sustancial. Existen, otros: los heterótrofos que son parásitos de sus huéspedes.

Su reproducción es sobre todo asexual; pocos géneros se reproducen sexualmente, estas características se refieren a los dinoflagelados en general. (Cortez A R, 1995)

Clase Mastigophora. Flagelados.

La presencia de uno o más flagelos en algunos de los estadios de su ciclo de vida de los Mastigophora es característica de éstos. Estos flagelos le sirven como medio de locomoción y para capturar su alimento y quizás de sensores para percibir la presencia de otros.

Su cuerpo es usualmente una célula oval, o esférica, cubierta por una fina película y armadura en ciertos grupos tienen dos flagelos.

Algunos tienen coloración debido a pigmentos, éstos con clorofila pueden sintetizar alimento con ayuda de la luz solar, pareciendo plantas, por lo que a menudo son clasificadas como tales. Abundan en agua fresca y agua salada, donde junto a las diatomeas resultan la mayor parte de los alimentos de los animales acuáticos.

Estos florecimientos se pueden observar en formas de manchas o franjas. Sin embargo se pueden presentar diferentes situaciones; diferentes grado de peligrosidad, de acuerdo a la potencialidad de sintetizar toxinas que tengan las especies responsables de la floración. (González, 1994)

2.2 Origen y modelos evolutivos

Los dinoflagelados están considerados como el grupo más primitivo de eucariotas, pues combinan caracteres de procariotas con caracteres de eucariotas. El filum *Dinoflagellata* data del Precámbrico tardío – Cámbrico y su registro fósil está constituido primordialmente por las formas enquistadas, que se producen durante la fase sexuada del ciclo de vida de estos organismos. No obstante este registro es bastante escaso hasta el Triásico tardío, periodo a partir del cual se pudo estudiar mejor su evolución, proponiéndose para tal efecto distintos modelos evolutivos.

2.2.1 Origen de los dinoflagelados

Existe una teoría muy aceptada para explicar la aparición de este filum y especialmente la aparición de dinoflagelados fotosintéticos, que se conoce como “teoría de la endosimbiosis”. Esta teoría apoya la idea de que los hoy día orgánulos celulares como las mitocondrias existieran como bacterias fuera de las células. Por fagocitosis existiría “deglución” de las mitocondrias, pero en lugar de ser digeridas, pasarían eventualmente a constituir una sociedad simbiótica, lo cual se ve apoyado por la doble membrana que se puede apreciar en estos orgánulos. En los dinoflagelados, los organelos presentan una estructura interna similar a un núcleo, presentan sin embargo tres membranas, lo que sugiere una endosimbiosis secundaria. Para los plastos que contienen clorofila C, se propone la teoría de un proceso como el anteriormente descrito que englobó en el dinoflagelado una diatomea. Con posterioridad esta simbiosis pasó a formar parte de los dinoflagelados dentro su propio ciclo vital.

El 90% de los dinoflagelados pertenecen al plancton marino, también hay muchas especies de agua dulce, algunas de estas se han encontrado en la nieve. Pueden ser fotosintéticas o no, pero la mitad de las especies cae en cada categoría. Los dinoflagelados fotosintéticos son los productores primarios más abundantes.

Un número importante de dinoflagelados fotosintéticos residen dentro de otro organismo en simbiosis. Por ejemplo los Zooxanthellae se puede encontrar en muchos invertebrados marinos, incluyen esponjas, corales, medusas y platelmintos, así como protistas como los ciliados, foraminíferos, colonias de radiolarios. En cada caso el organismo huésped está listo para tragarse al dinoflagelado e incorporarlo dentro de su tejido, sin hacerle daño. Los dinoflagelados entonces se dividen repetidamente hasta incrementarse en número y empiezan a manufacturar carbohidratos, los cuales son proveídos al huésped. El grado de interdependencia varía grandemente, las anémonas de mar (*Anemonia*) puede sobrevivir sin sus Zooxanthellae, mientras cierto corales dependen exclusivamente del alimento que produce su simbionte y construyen arrecifes más rápido con los dinoflagelados presentes en sus tejidos. (Nuñez O, 1879)

Las especies no fotosintéticas de dinoflagelados se alimentan de diatomeas u otros protistas incluyen otros dinoflagelados, el género *Noctiluca* es suficientemente grande para comerse los huevos de los peces y puede con protistas tan pequeños como el mismo.

Algunas especies parásitan a otros organismos semejantes al zooplancton, otros protistas, algas filamentosas o peces.

Los dinoflagelados pueden producir su propia luz, son algunas veces llamado Pyrrhophitas, que significa planta de fuego, esto es porque algunas especies son capaces de producir bioluminiscencia, la cual la emiten por reacciones químicas. Los dinoflagelados empiezan a iluminarse para su desplazamiento en la oscuridad, pero brillan considerablemente cuando se agitan, semejantes como la estela que deja un barco. La reacción química en si misma ocurre cuando el componente luciferina (un substrato químicamente similar al precursor de la clorofila), es oxidada por la enzima luciferasa en presencia de ATP y O₂. Esta reacción y otras similares ocurre en un número de organismos no relacionados con procariontes y eucariontes.

La proliferación acelerada de dinoflagelados produce marea roja la cual dañan la vida marina. El efecto más dramático de los dinoflagelados en su ambiente ocurre en aguas costeras, durante la temporada más caliente, usualmente a finales del verano. En este tiempo una corriente ascendente en el océano ocurre, aportando a la superficie nutriente para el plancton proveniente del fondo del océano. El excedente de nutrientes dispara la proliferación de dinoflagelados fotosintéticos, cuya densidad de población puede elevarse más allá de 20 millones/litros a lo largo de la costa. Esta densidad puede "colorear" el agua de dorado a rojo y es llamada marea roja. (Nuñez O, 1879)

2.3 Reproducción de dinoflagelados.

Los dinoflagelados son asexuales en primera instancia.

La forma más común de reproducción de los dinoflagelados es el asexual, que consiste en la división de la célula en dos, a este proceso se le llama mitosis. Este proceso de división produce 2 copias idénticas del organismo original. Los dinoflagelados maduros son haploides, entonces cuando el ciclo sexual empieza los gametos son formados por simple mitosis.

Diversidad de los dinoflagelados.

Hay cerca de 2000 especies conocidas de dinoflagelados, clasificados en cerca de 125 géneros. Una dificultad real con el sistema en que son tradicionalmente estudiados los dinoflagelados son los botánicos por un lado y por el otro los zoólogos y cada una de estas ramas de la biología tienen reglas de nomenclatura específicas y difieren una de otra para clasificar dichos organismos, otra complicación ha sido el estudio por los polinólogos, ciencia que estudia las esporas y el polen, los cuales usan otros sistemas de nomenclatura para nombrar a las especies fósiles. Generalmente los dinoflagelados son tratados bajo las reglas de la nomenclatura botánica desde hace muchos años se dejó de utilizar la clasificación zoológica.

El entendimiento del origen de los dinoflagelados fotosintéticos tiene recientemente una teoría de endo-simbiosis. De acuerdo a esta teoría todas las mitocondrias y los plastidios son de origen bacteriano (bacterias), las cuales fueron empujadas, pero no digeridas como se menciona anteriormente. La bacteria llega a ser simbiótica con el organismo, que la engulle. Esta es la explicación que se da ahora para que tengan una doble membrana alrededor de las mitocondrias y los plastidios.

El ciclo vital de muchas especies de dinoflagelados presenta dos estadios principales. Uno móvil en el cual la célula está envuelta en una membrana llamada amphiesma y ocasionalmente por una estructura celulósica llamada teca, la cual no es fosilizable. En el otro estadio, la célula es inmóvil y se encuentra dentro de un quiste, el cual en ocasiones está hecho de un material proteínico muy resistente que si es fosilizable mas adelante se explicara estas etapas con mayor amplitud. En términos generales la reproducción es asexual.

Para la clasificación pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas en su amphiesma, por lo que se les denomina tecados o atecados respectivamente. Las formas más comunes de dinoflagelados fósiles son quistes y representan especies relacionadas con los géneros vivientes: *Peridinium* (peridinioideas), *Gonyaulax* (gonyaulacoideas) y *Ceratium* (ceratioideas). (Nuñez O, 1879, Anónimo, 1990)

2.3.1 Ciclo reproductivo.

Etapa I.

Los quistes se depositan en el fondo del océano; enterrados en el fondo siempre y cuando no sean perturbados por factores físicos o naturales pueden permanecer en este estadio por años. Bajo atmósfera de oxígeno suficiente y las condiciones sean propias pueden germinar y originar células vegetales.

Etapa II.

Los quistes solo pueden germinar en alguna época del año; la temperatura cálida y la luz intensa estimulan la germinación. Los quistes se abren y liberan una célula móvil. Las células se reproducen de manera asexual en los días siguientes a la liberación.

Etapa III.

Si las condiciones permanecen óptimas las células continúan dividiéndose y reproduciéndose de manera exponencial 2 a 4 a 8. Una sola célula puede producir varios cientos de células en tan solo una semana, si otra célula se reproduce de esta manera entonces se puede presentar la toxicidad en los mariscos y moluscos.

Etapa IV.

Cuando se terminan los nutrientes el crecimiento se detiene y se forman los gametos por división sexual. Dos gametos se unen para formar una célula que se convierte en una cigota y posteriormente en un quiste. Estos caen al fondo del océano y pueden permanecer allí hasta germinar el siguiente año.

Etapas del ciclo de vida de los dinoflagelados.

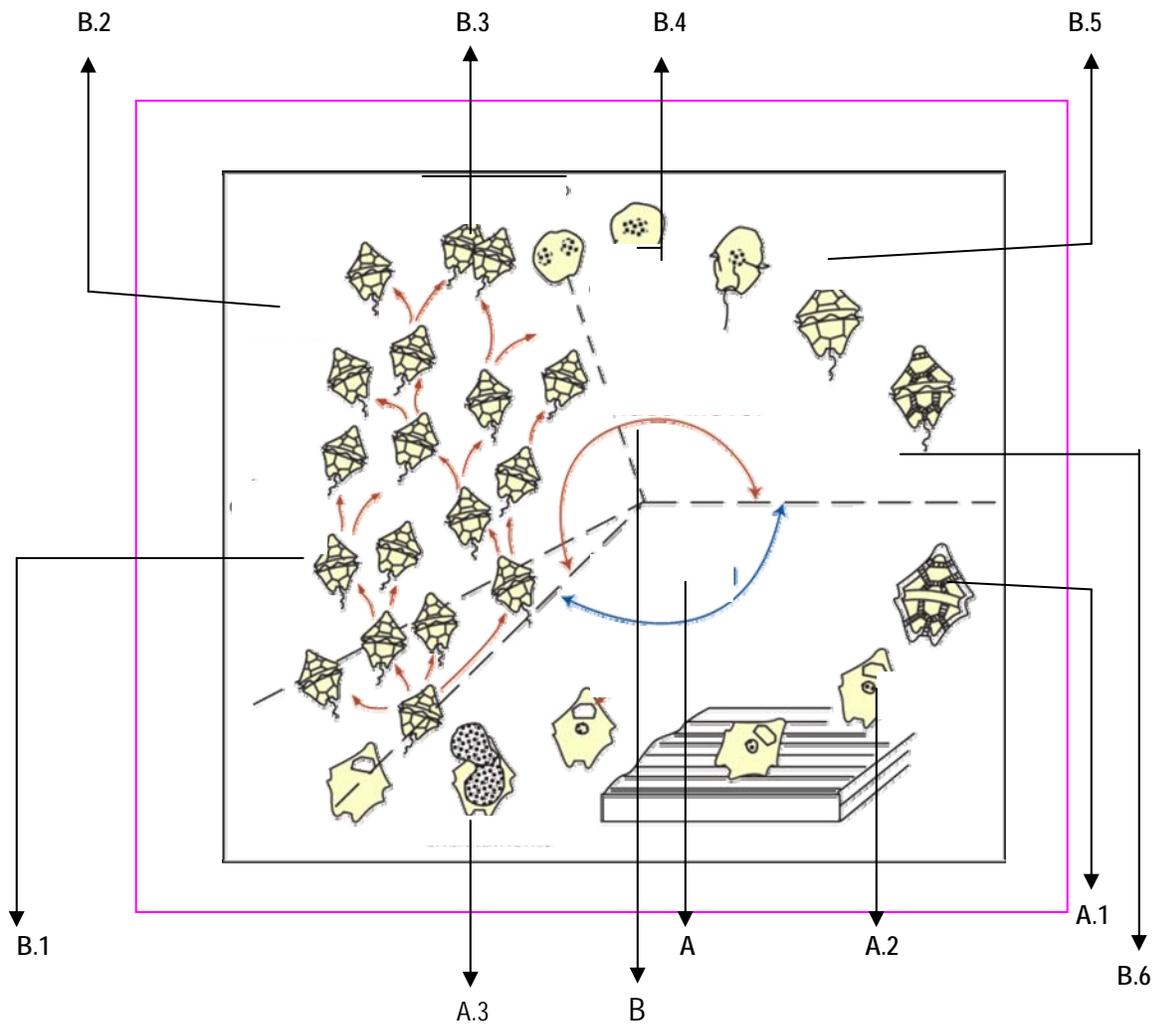


Fig. 2.3.1 En la figura se muestran las etapas del ciclo de vida, se aprecian las dos principales etapas que son la fase móvil y una fase inmóvil, en el ciclo de vida del dinoflagelado. (Bonney A D, 1976, <http://www.redtide.who.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

A. fase inmóvil

- A.1 enquistamiento
- A.2 quiste
- A.3 desenquistamiento

B. fase móvil

- B.1 teca celulósica haploide
- B.2 reproducción asexual
- B.3 reproducción sexual
- B.4 célula diploide.
- B.5 teca celulósica diploide
- B.6 crecimientos

2.4 Desarrollo dinámico de Steidinger:

El concepto más reciente de la dinámica de las mareas rojas (Cortez A R, 1998), se debe principalmente a las investigaciones de Steidinger y Vargo donde se formalizó ecológicamente una serie secuencial de fases o etapas comunes a la mayoría de los eventos de mareas rojas.

Este concepto que integra los diferentes elementos que influyen de manera importante coadyuvando al desarrollo de la marea roja, se muestra en la Fig. 2.4

Implica un fenómeno de tipo cíclico que se divide en cuatro fases principales.

- 1) iniciación
- 2) crecimiento
- 3) mantenimiento
- 4) finalización (circulo central)

De las etapas mencionadas la de mayor peso por ser la más conocida es la tercera debido a que es la única observable ya que por la concentración celular le imprime una notable coloración al mar. El segundo círculo del medio se refiere a los componentes de carácter físico-químico que afectan a los eventos y el último círculo o exterior se refiere al paso del benton al plancton.

Fase 1 de inicialización.

Implica la existencia de un lecho de quistes de resistencia en la región del fondo; además, se considera que todos los dinoflagelados de tipo nerítico-estuarino presentan en su ciclo de vida un planocigoto (dinoquistes sin movimiento y cubierta de resistencia), ambos son células. Hay elementos y sustancias que actúan como mecanismos de disparo (Fe, Mn, vit B₁₂) aunque su acción sobre el desarrollo de la marea roja no está bien definida hasta la fecha. (Cortez A R, 1998)

Fase 2 de crecimiento.

Es necesaria una división asexual así como la adaptación a la luz y los nutrientes partes importantes en el mantenimiento de la población de la marea roja. También son importantes el aspecto migratorio y los factores de crecimiento. Por ejemplo se encontró que los ácidos húmicos y fúlvicos favorecen y estimulan el crecimiento de los dinoflagelados. Se debe considerar que la tasa de crecimiento es normal (1 div /día) en la especie dominante de la marea roja. Entre los varios factores ambientales la temperatura, salinidad e intensidad luminosa se consideran importantes estas dos primeras fases para la sustentación de la marea roja. (Cortez A R, 1998)

Fase 3 de mantenimiento.

Es la más conocida pues como comentamos es la única visible del fenómeno. Aquí es donde se alcanza la máxima densidad de la especie dominante de la marea roja. Es en esta etapa que se presenta una competencia intra específica, en el que intervienen sustancias con efectos antagónicos producidos por microalga, adaptaciones a los factores físico-químicos y una mejor asimilación de nutrientes o un mayor poder de almacenamiento de sustancias de reserva que los habitan para el crecimiento así, el mejor dotado será aquel que logre imponer su dominación. La temprana evaluación de la densidad celular y el tiempo que permanece la marea roja en determinada área, permiten mantener elementos para la prevención de sus posibles efectos.

Es fundamental que la microalga presente una respuesta táctica positiva (Ej. Movimiento ascendente) y las especies móviles en superficie deberán crecer excediendo la advección y predación o mortalidad natural para que el brote pueda persistir. discontinuidades de temperatura o barreras salinas que pueden restringir, concentrar, mantener o registrar las poblaciones concentradas, así como el suministro de nutrientes del fondo aunque en regiones que son carentes de nutrientes, se puede suplir por una adaptación de la población como su alta capacidad de almacenaje de sustancias de reserva que los habilita para el crecimiento y mantenimiento en condiciones de agotamiento de nutrientes. (Cortez A R, 1998)

Fase 4 de terminación.

Esta etapa se considera en función, de las investigaciones que se debe al efecto directo del aumento de la turbulencia sobre la concentración celular. Es la menos conocida y parece ser que los mismos factores físicos que la concentran también la abaten o la disipan. Otras evidencias no descartan el pastoreo y obviamente la asimilación por moluscos bivalvos filtradores. En esta etapa se produce el enquistamiento posiblemente influenciado por factores climáticos adversos y como una consecuencia adaptativa de su ciclo de vida; posteriormente se efectúa la sedimentación de los dinoquistes, que van al fondo para formar un reciente lecho de quistes latentes y de resistencia para dar lugar en un futuro a una nueva marea roja. (Cortez A R, 1998)

Estas dos últimas etapas tienen que ver con los procesos físicos de concentración; en la tercera etapa de forma positiva, concentrando las células y en la etapa final o de terminación en forma negativa al cambiar, disminuir o disipar la corriente que lo genero. (Cortez A R, 1998)

Concepto actual de la dinámica de la marea roja.

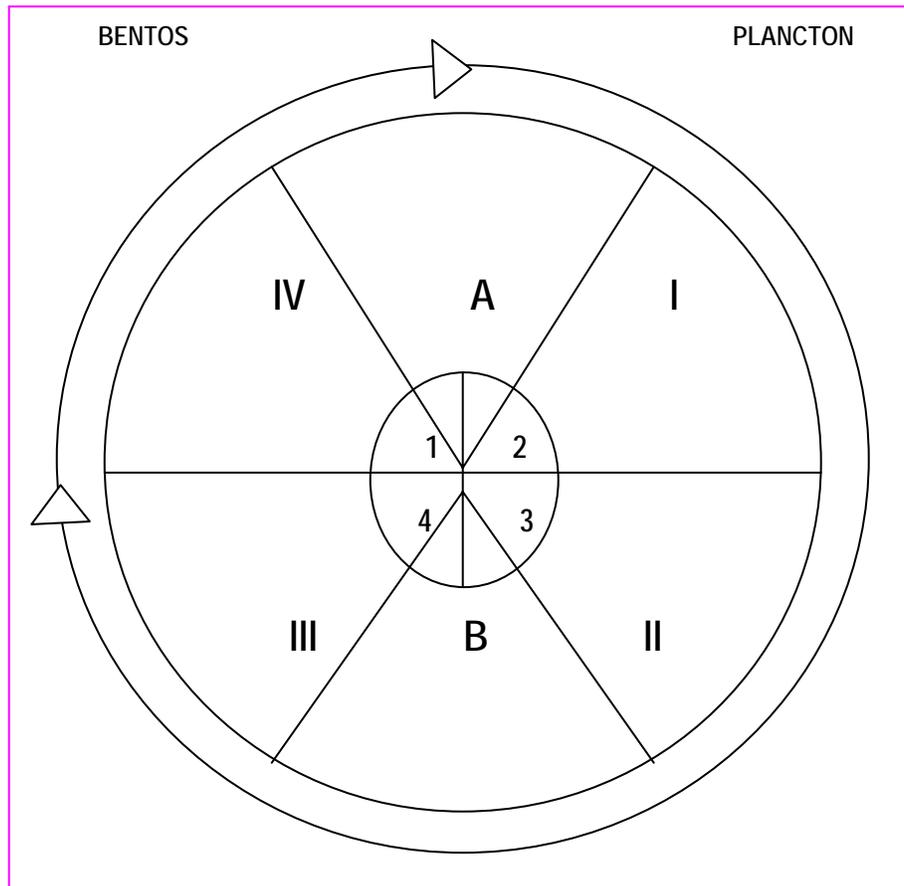


Fig.2.4 Concepto actual de la dinámica de las mareas rojas. Círculo central etapas de desarrollo; círculo mediano factores fisicoquímicos involucrados. Círculo externo paso de la región bentónica a la planctónica. (Cortez A R, 1998)

Donde las etapas del desarrollo son:

- 1 Corresponde a la etapa de inicio.
- 2 Corresponde a la etapa de crecimiento.
- 3 Corresponde a la etapa de mantenimiento.
- 4 Corresponde a la etapa de término.

Son los factores físicos y químicos involucrados, donde:

- A Son factores que afectan solo las etapas 1 y 2, como: temperatura, salinidad y la luz.
- B Son factores que afectan solitas etapas 3 y 4, son: las surgencias, sistemas frontales y células de convección.
- I Características de la etapa 2: cantidad suficiente de nutrientes, comportamiento migratorio y presencia factores de crecimiento.
- II Características de la etapa 3: se alcanza la máxima densidad de dinoflagelados, estabilidad del agua, nutrientes de reserva y permanencia de los dinoflagelados.
- III Características de la etapa 4: sedimentación del quiste, interacción fito-zoo, fin de surgencias y aumento de turbulencias.
- IV Características de la etapa 1: presencia de un lecho de dinoquistes, presencia de mecanismos de disparo y desenquistamiento.

CAPITULO 3

3.1 Dinámica.

En ocasiones, el impacto de la marea roja puede alcanzar niveles catastróficos, ya que algunas especies de microalgas producen potentes toxinas que, a través de la cadena trófica, llegan a acumularse en los tejidos de moluscos principalmente. Una vez que esos recursos marinos contaminados son pescados o cultivados para consumo humano, se convierten en vector de intoxicación y ocasionan desde afecciones gastrointestinales hasta la muerte.

No todas las especies que desarrollan marea roja son tóxicas, algunas son inocuas y evidencian sistemas costeros altamente productivos (zonas de surgencia) o contaminados.

Para contrarrestar esos efectos, la investigación científica ha enfocado sus esfuerzos a implantar estudios interdisciplinarios que aborden y expliquen elementos como los factores ambientales y biológicos que propician el desarrollo masivo de esos organismos; la descripción e identificación de las especies involucradas; los mecanismos de producción de toxinas, grado de toxicidad, bioacumulación y depuración, así como estudios de impacto ambiental y seguimiento en áreas sujetas a actividad pesquera y acuacultural, entre otros. Fenómenos de ese tipo ocasionaron en Oaxaca y Chiapas la intoxicación de 90 personas y la muerte de tres en 1990, mientras que en 1995 se presentaron más de 100 casos de intoxicación y un indeterminado número de muertes. En 1996, la marea roja provocó el cierre de las pesquerías de moluscos y peces en las costas de Guerrero, y trajo como consecuencia pérdidas económicas en el sector turístico y pesquero.

Ante esa situación, instituciones como el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (estación Mazatlán), el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Cicimar-IPN), la Universidad del Mar (Umar) y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor), entre otros, realizan investigaciones que permitan conocer e informar cómo se desarrolla ese fenómeno en nuestras costas. Con el único objetivo de brindar a la población armas para enfrentar este fenómeno natural que muy posiblemente sea producto de los múltiples cambios presentes a nivel global generados a partir de la actividad humana y que en la presente investigación habremos de definir.

Hasta la fecha, la solución ha sido intentar atacar el problema cuando los efectos de la marea roja son evidentes, de ahí la importancia del establecimiento de programas de seguimiento en áreas susceptibles al desarrollo de especies tóxicas que incluyan el registro histórico de la ocurrencia de los eventos y la ubicación de los bancos de moluscos destinados para consumo humano; que determinen las variaciones temporales de las especies tóxicas y su relación con

las variables ambientales, y que lleven a cabo un control de la toxicidad de los productos marinos, implantando adecuadamente las medidas de prevención con base en las normas nacionales e internacionales.

Para poder determinar y realizar un análisis de la dinámica de la marea roja es necesario establecer una clasificación. En función de esta podremos realizar un análisis más exacto de los factores que intervienen y que tiene una relación y efecto directo sobre los florecimientos algales. (Morquecho L, 1996),(González F,1996).

3.2 Clasificación Factores:

Las mareas rojas pueden ser frecuentes, en general son impredecibles y de duración corta e irregular sobre todo, las principales especies que las producen son diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* y dinoflagelados de los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium* entre otros varía en función de la zona y de las condiciones que imperen en las mismas. Este fenómeno ocurre cuando interactúan en el medio marino los siguientes factores:

1. Biológicos.

Los más importantes son la presencia de una población "semilla" de los mencionados organismos del fitoplancton.

2. Antropogénico.

Destaca de manera específica la contaminación orgánica del mar, la cual incrementa anormalmente la cantidad de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que en concentraciones mayores a las normales en el sitio específico provocan un aumento en la reproducción del fitoplancton, llamado florecimiento (blooms).

3. Ambientales

Se considera el aporte de nutrientes por parte de la atmósfera y de las aguas intercontinentales y subterráneas. También son importantes los procesos de circulación en el agua.

En función de lo mencionado en el párrafo anterior abarcaremos de qué manera influyen los tres factores en la dinámica de la marea roja.

3.2.1 Factores Biológicos:

Los dinoflagelados corresponden a un grupo del fitoplancton principalmente marino de carácter cosmopolita cuyo tamaño fluctúa entre 20 y 500µm, por lo que se les ubica dentro del microplancton (aunque algunos como los del género *Noctiluca* puede alcanzar hasta 2mm de diámetro. Los dinoflagelados son protistas, principalmente planctónicos que se mueven en el agua gracias a dos flagelos desiguales y contienen pigmentos rojo-anaranjados. Muchos de ellos contienen cromatóforos fotosintéticos en el protoplasma y celulosa en la pared teical, por lo que se parecen a los vegetales. Sin embargo, otras formas son heterotróficas y por su capacidad de desplazamiento se parecen más a los animales. La mayoría se distinguen por la presencia de un núcleo especial que entre otras características tiene cromosomas fibrilares que se mantienen condensados y visibles durante todo el ciclo mitótico. Sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo y de crecimiento en aguas tropicales, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja, sin embargo, ocupan un lugar secundario respecto de las diatomeas.(Takayuji S, 1993)

Ciertas especies de dinoflagelados causantes de marea roja pueden enquistarse y establecerse en el sedimento marino, como se mencionó en el capítulo dos. Después de semanas, meses e incluso años, los quistes de algunas especies pueden ser viables. Cuando las condiciones son adecuadas. Si las condiciones permanecen óptimas, las células continúan dividiéndose en forma exponencial, hasta el grado de que una célula puede llegar a producir de 6 000 a 8 000 células en una semana, periodo al que se denomina *bloom* (floreCIMIENTO), ya que se da un crecimiento masivo de estos organismos.

Las causas de que los quistes germinen ante algunos cambios antropogénicos y ambientales son los grandes cambios en la abundancia de especies y dinámica de ecosistemas de las costas, están asociados con cambios en la temperatura de la superficie del mar, la disponibilidad de nutrientes y la dinámica de la circulación del agua. Una variación climática puede afectar al fitoplancton y zooplancton en alguna parte del océano, con efecto en cascada a través de la cadena alimenticia.

Las situaciones que se pueden presentar son:

Floraciones algales inocuas, formadas por organismos fitoplanctónicos que no poseen endotoxinas y que normalmente no constituyen un peligro para ningún organismo del ecosistema. Por ejemplo, floraciones de *Noctiluca scintillans* y *Prorocentrum micans*.

Episodios tóxicos, no acompañados de fenómenos de floraciones. Pueden tener lugar sin que se hayan detectado manchas de fitoplancton en la zona. En este caso las células tóxicas

del fitoplancton pueden volver tóxicos a los moluscos bivalvos en concentraciones celulares muy inferiores a las requeridas para que den coloración al agua.

Floraciones Nocivas, formadas por organismos que aunque no son portadores de toxinas, pueden causar serios problemas en la acuicultura, o en los organismos que habitan los fondos marinos, en las pescaderías artesanales o incluso en la estética de las playas. Al alcanzar elevadas concentraciones celulares pueden producirse bruscos descensos de pH o de la concentración de oxígeno disuelto y puede producirse la muerte de los organismos.

Por lo general las poblaciones naturales de peces evitan nadar por estas manchas. Si estas manchas se localizan en áreas de peces cultivados en jaulas se puede producir la muerte masiva. (Hallegraef G, 1993)

3.2.2 Factores antropogénicos:

La actividad humana es responsable de un amplio rango de amenazas a la rica diversidad de la vida marina. Las causas del daño al medio ambiente marino costero son variadas y complejas, pero todas están relacionadas a la alta concentración de población humana en la zona costera. Aproximadamente dos terceras partes de la población mundial vive a lo largo de las costas y los ríos que drenan a las aguas costeras. Esta alta concentración de población es causa de la mayor parte del daño a los recursos marinos y costeros.

Las fuentes principales de daño a los recursos marinos son descargas de origen terrestre como el drenaje, descargas industriales, emisiones urbanas y agrícolas, la deforestación, construcción y desarrollo en áreas costeras, las descargas en mar de material dragado y desechos peligrosos, las descargas y fugas de petróleo, los plásticos desechados, la sobre pesca y el uso de técnicas pesqueras ineficientes. (Bonney A D, 1976)

Contaminación costera por actividades en tierra

Más del 80 por ciento de la contaminación oceánica proviene de actividades en tierra. Esta contaminación llega al océano por medio de fuentes puntuales o no puntuales. Las fuentes puntuales son, por ejemplo, drenajes, zanjas, canales y otros que emiten contaminantes en áreas específicas. Las fuentes no puntuales incluyen todo tipo de descargas irregulares desde tierra como las agrícolas y urbanas. A dicho fenómeno se denomina proceso de eutroficación. Que se define con mayor amplitud a continuación. (Bonney A D, 1976)

EUTROFICACION

Eutroficado= Rico en Nutrientes (*eu*= buen, buena *trophos*= alimento, alimentación).

La eutroficación es un proceso natural de permanente incremento en la concentración de nutrientes de un lago (o cauce). El proceso natural llega a niveles notablemente excesivos en

muchos años; luego los nutrientes disminuyen bajo la acción de especies que consumen el exceso y, al quedar sin nutrientes, mueren y el lago vuelve a su estado típico.

La eutroficación debida a los desechos de la población, en cambio, puede acelerar enormemente el proceso natural, desde cientos de años a unos pocos meses. Puede deberse a descargas industriales ricas en fosfatos o especies de nitrógeno orgánico, siendo estas arrastradas por la lluvia.

Los efectos más inmediatos de la eutroficación de lagos son el crecimiento excesivo de vegetación en las orillas y en la región baja, la sobre producción de algas (verdes), el florecimiento algal (azul-verdes o cianobacterias), olores, colores, sabores, ausencia de peces del agua dulce fría y todo el resto de los fenómenos ligados a estos como consecuencia del cambio de características de los productores primarios. El violento crecimiento de algas implica una alta turbiedad, que impide el paso de luz a las capas más profundas. La agitación (viento) de las aguas lleva algas a las tierras de playa, estas mueren y se pudren, aumentando los olores y los fangos resbalosos. Estas descargas generan distintos tipos de enriquecimiento: (Paerl H, 1997)

Se habla de lago eutrófico o eutroficado, cuando es rico en nutrientes

Un lago pobre en nutrientes se dice oligotrófico

Un lago con un nivel razonable de nutrientes se dice mesotrófico

Los problemas más comunes de la eutroficación debida a las actividades de la zona, son:

- Efecto económico sobre la industria de deportes, de turismo, de pesca y de agua potable. Bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua, aun a escasa profundidad.
- Crecimiento excesivo de plantas en la rivera impide el uso para recreación. Deposición de algas en la rivera produce putrefacción y olores nauseabundos.
- Florecimiento algales ya descrito.

Desde el punto de vista del valor económico, ya que genera la necesidad de el uso de aguas (por ejemplo, como fuente de agua potable), un lago biológicamente pobre es mejor que un lago demasiado activo. Pareciera que es esto una contradicción; Porque la buena productividad podría favorecer la disponibilidad de alimentos. Pero como no se tiene un

control en la eliminación de residuos, esto se sale de los límites normales. Promoviendo la marea roja y afectando la economía de las familias.

CONTROL DE LA EUTROFICACION

El control se ejerce sobre los fosfatos y las sales de nitrógeno (orgánicas o no).

Las opciones de manejo dependen de si las fuentes son puntuales o no. (Paerl H, 1997)

Fuentes puntuales:

- a) Tratar las aguas (p.e. servidas)
- b) Canalizar rodeando el lago
- c) Descarga a tierra (absorción)
- d) Remoción de nutrientes

Fuentes no puntuales:

- 1) Prevención de erosión agrícola
- 2) No sobre-fertilizar
- 3) Otras medidas:
 - a) Sulfato de cobre como algicida
 - b) Cosecha de algas
 - c) Oxigenación forzada

En todo caso, las medidas de control y/o amortiguamiento dependen del conocimiento que se tenga del tipo de eutroficación. Donde los principales son:

a) *Drenajes municipales.*

La descarga de afluentes municipales e industriales al océano desde drenajes en las ciudades costeras está incrementándose, especialmente en el tercer mundo. Sin embargo, aun en las zonas más desarrolladas, estos afluentes muchas veces son drenados sin tratamiento. Los mares más contaminados se encuentran cerca de las costas densamente pobladas.

b) *Desechos industriales.*

En ciertas áreas, la actividad industrial produce importantes fuentes puntuales de contaminación costera. Algunos desechos industriales son descargados directamente al mar a través de difusores. Un ejemplo de esto es la planta de fertilizantes en la salida del río Balsas, que descarga cantidades considerables de fosfato que pueden afectar la zona costera cercana.

c) *Desagüe urbano.*

Emisiones domésticas e industriales como desperdicios alimenticios, residuos sólidos, pesticidas para jardines, compuestos tóxicos, metales pesados y sedimentos de obras de construcción son normalmente depositados en el drenaje de las ciudades. La lluvia lleva estos desechos a los ríos que, finalmente, los depositan en el mar. Casi la mitad del petróleo que contamina las aguas marinas proviene de los desagües urbanos.

d) *Desagüe agrícola.*

Los fertilizantes, herbicidas y plaguicidas que se utilizan para la agricultura se deslavan desde los cultivos hacia los ríos que los transportan a las aguas costeras. Sólo en Estados Unidos se utilizan cerca de 1,200 millones de toneladas anuales de plaguicidas y, como no son fácilmente biodegradables, estos contaminantes persisten en las aguas costeras y se mueven hacia arriba en la cadena alimenticia, aumentando su concentración con cada paso. En las lagunas costeras de Sinaloa y Sonora, en México, los plaguicidas son incorporados a la cadena alimenticia por medio de su alta producción pesquera.

e) *Crecimientos de algas.*

Tanto el drenaje como las descargas agrícolas introducen grandes cantidades de nitrógeno y fósforo a las aguas costeras. Estos compuestos provienen de los detergentes, fertilizantes y desechos humanos los cuales alimentan a las algas y pueden provocar su crecimiento excesivo. Este crecimiento puede, en ocasiones, absorber todo el oxígeno del agua, causando la muerte por asfixia de las especies locales. En México, en la laguna de Bojórquez, en Cancún, existe un estado de cuasi-eutroficación debido a la acumulación de desechos orgánicos de la zona hotelera, vertidos sin tratamiento previo a la laguna desde hace varios años. (Paerl H, 1997)

3.2.3 Características ambientales.

Factores que forman parte de las características ambientales que desencadenan y actúan como promotores de la marea roja.

Temperatura.

La temperatura favorece a unas u otras formas de vida pero, para una misma especie, regula el número de seres de esa especie que pueden sobrevivir y la velocidad de reproducción de los seres.

La productividad primaria de un lago depende directamente de la estratificación térmica a que esté sujeto y del grado de agitación convectiva que se establezca.

Debido a las características de los océanos, la amplitud de la variación de las temperaturas es pequeña, lo que da idea del gran poder termo-estabilizante que estos ecosistemas presentan a pesar de las diferencias latitudinales y estacionales. Hay un patrón de temperaturas en función de la profundidad, que genera tres zonas definidas: capa de mezcla, termoclina y capa profunda. Y otro patrón latitudinal de temperatura diferenciado entre bajo, medio y alto. (Bonney A D, 1976)

Salinidad

La concentración promedio de sal en el medio marino es de 35 g./Kg. de agua, con algunas excepciones. La sal más abundante es el cloruro potásico aunque existen otros iones. La salinidad es constante en todo el océano. Hay diferencias en la distribución de la salinidad en superficie y en profundidad, pero la sal no es el único mineral que interviene para coadyuvar al desarrollo de la marea roja. Además, tanto los nutrientes en exceso como los inhibidores pueden resultar nocivos para las especies microbianas.

La excesiva descarga de nutrientes (nitrógeno, fosfato, sales, etc.) tanto como la descarga de compuestos orgánicos promueve un exceso de actividad celular, a un punto tal que todo el oxígeno atmosférico que se disuelve en el agua es rápidamente consumido por los microorganismos que habitan el primer par de centímetros de la superficie del agua, produciendo condiciones anóxicas, con el consecuente desarrollo de microorganismos anaerobios; los anaerobios son molestos pues tienden a producir compuestos malolientes (Bonney A D, 1976)

Radiación solar.

La penetración de la luz depende, naturalmente, de la turbiedad del agua. En aguas prístinas se observa un 1% de la radiación incidente en la superficie, a una profundidad de 45 m. En aguas contaminadas, aun sin florecimiento algal, se obtiene el 1% a tan sólo 4 m. La penetración de luz se suele medir en una escala logarítmica. (Bonney A D, 1976)

La propagación de la luz se va atenuando por dos motivos:

1. **Absorción:** La luz se convierte en otro tipo de energía. Esto se debe a las algas, a la materia orgánica e inorgánica en suspensión, a los compuestos inorgánicos y a la propia agua.

2. **Dispersión:** Colisión de la luz con las partículas en suspensión del océano.

En función de esto, diferenciamos dos zonas:

- ▶ Capa fótica
- ▶ Capa afótica.

La luz, factores importantes, para la penetración de la misma al mar:

- ⊕ Al penetrar la luz en el agua marina hay una disminución progresiva de la energía luminosa en función de profundidad
- ⊕ Parte de la luz incidente (15-20%) es reflejada
- ⊕ Las radiaciones infrarrojas son rápidamente absorbidas.
- ⊕ A los 200 metros no penetra nada de luz
- ⊕ Esta segregación de la luz determina la distribución de las especies.

FACTORES DINÁMICOS

Son los que están ligados al movimiento del agua del mar.

1.- Agitación del agua, depende del estado del mar, limita la distribución de las algas en función de su método de fijación.

2.- Mersión, las oscilaciones del mar debido a las mareas determinan una fuerte segregación de las algas.

Las corrientes oceánicas se generan por los movimientos del viento. Son muy importantes en el clima, en la temperatura del agua, en las características biológicas y en el aporte de nutrientes.

Proceso de concentración algal:

Las concentraciones algales en la mayoría de los casos, se deben a diversos procesos hidrográficos que favorecen la acumulación en determinadas regiones, cuyos pigmentos las hacen resaltar y le imprimen al mar una coloración diferente a su entorno normal. Las proliferación de fitoplancton pueden ser transportadas por corrientes a zonas que están lejos del punto de origen, en ocasiones hasta a 18 Km, como es el caso de las mareas rojas por *Gymnodinium brevis* en el Golfo de México.

En una investigación realizada por (Cortez A R, 1998) se resumen los principales tipos de circulación que teóricamente pueden actuar como mecanismo de concentración; Fig. 3.2.3.

1.- Sugerencias.

Se producen por vientos superficiales que ocasionan corrientes internas de fondo, generalmente de aguas más frías y ricas en nutrientes que afloran en la superficie de las costas, estos casos son los más comunes en las costas del Pacífico Mexicano.

2.- Celdillas de conveccion.

Consiste en sistemas de circulación en los que se originan zonas de convergencia y divergencia, pueden aparecer por la presencia de inestabilidades de origen térmico o por efecto del tiempo.

3.- Frentes.

Un ejemplo son las mareas rojas formadas por *Oscillatoria erythraea* y *Mesodinium rubrum*, que tienden a acumularse en las zonas de convergencia. la apariencia en forma de manchas alargadas paralelas a la costa pueden deberse a estos mecanismos de formación.

Son zonas de contacto entre dos masa de agua de diferente densidad, donde se presenta un intenso gradiente de diferentes propiedades como temperatura, salinidad. En esta zona se facilita el poder de migración, coadyuva por las fuerzas de deslizamiento a que dan lugar posiblemente esto se manifieste enfrente de cabo San Lucas, BCS y Cabo Catoche, Quintana Roo.

4.- Ondas internas.

Este proceso es sugerido como posibilidad, de acuerdo con un modelo matemático, donde organismos móviles con posibilidades de migración, en ciertas condiciones se podrían seleccionar y acumular en las fronteras.

Procesos de concentración algal.

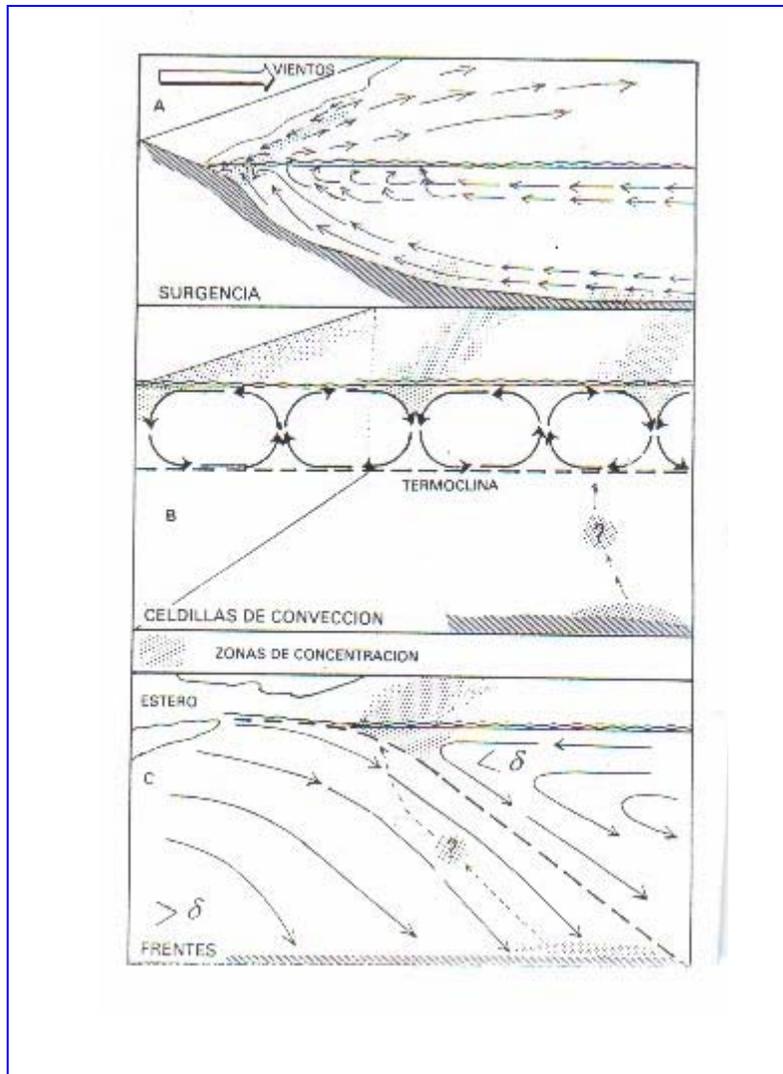


Fig. 3.2.3 Esquema de circulación para la acumulación (zona punteada) de organismos planctónicos o móviles. (Cortez A R, 1998); A) surgencias aflorando cerca de la costa; B) estructura

de celdas de convección sobre una termoclina; C) frente convergente entre dos masas de agua de distinta densidad.

Como influye el agua de lluvia:

En ausencia de aguas industriales y urbanas (es decir, sin considerar las actividades netamente antropogénicas de canalización de aguas) todas las aguas provienen de precipitaciones, sea en forma de lluvia o de hielos fundidos. Durante los primeros minutos de precipitación, la lluvia disuelve y arrastra las partículas y los microorganismos presentes en el aire. Posterior a ello, la lluvia consiste de agua pura. Las aguas llegan al suelo, donde son absorbidas por tejidos vegetales y por las partículas del suelo. La fracción no absorbida puede fluir en la superficie; de cualquier forma, su destino final serán ríos, lagos, lagunas y finalmente-el océano.

Respecto a las algas y su desarrollo entre ellas:

I) Las algas, por otra parte, pueden crecer en la superficie de la laguna, allí donde la intensidad de la radiación solar es alta. Al crecer en condiciones iluminadas, consumen CO₂ (el producto de descomposición de la carga por las bacterias) y generan oxígeno (requerido por las bacterias para su respiración aerobia). Así, las algas y las bacterias interactúan permanentemente y el producto neto será la obtención de más algas y bacterias.

II) los protozoos son los depredadores de las bacterias y a las algas, predación que arroja como resultado neto un cierto equilibrio poblacional.

Los mecanismos de regulación de cuantas bacterias, algas y protozoos, de diversas especies, existan es de la mayor trascendencia; pero la observación empírica es que se mantiene un cierto equilibrio que arroja, finalmente, un efluente (salida) más limpio de carga orgánica y de microorganismos de origen fecal que el afluente original. Que el efluente cumpla los requisitos de diseño suele ser más un problema de manejo de la fluidodinámica y del tiempo de residencia que un problema de equilibrio de poblaciones microbianas.

Desde un punto de vista de diseño, la participación de distintos microorganismos en el proceso podría ser modelado mediante sistemas de comensalismo, competencia por sustrato, relaciones depredador-presa, y una cantidad de otras formas de interrelación. El sistema resultante sería complejo, sin duda. (Cortez A R, 1984)

Sales nutritivas, oligoelementos, vitaminas

Donde los principales son:

- Son esencialmente nitratos y fosfatos, como factores limitantes
- Cuando hay un exceso de nitratos, aguas residuales, abundan ciertas algas nitrófilas

- Ciertas vitaminas (B₁₂, tiamina, biotina) producidas por bacterias son esenciales para muchas algas, auxotrofia.

Otras algas necesitan ciertos elementos para sus paredes celulares calcificadas o salificadas

El fitoplancton también necesita elementos para crecer. Necesitan una variedad amplia de elementos químicos pero los dos críticos son nitrógeno y fósforo. Puesto que se necesitan en cantidades absolutamente grandes pero están presentes en concentraciones bajas en agua de mar. El nitrógeno y fósforo son como los fertilizantes que agregamos a las plantas de la tierra y se utilizan para hacer las proteínas, los ácidos nucleicos, para sobrevivir y reproducirse. (Bonney A D, 1976)

• Ciclo del carbono:

El carbono se fija por medio de los organismos fotosintéticos en forma de CO₂ y se incorpora como carbono orgánico en los principios inmediatos, que servirán posteriormente de alimento a los demás componentes de la cadena trófica. El dióxido de carbono se libera de nuevo al ecosistema mediante los procesos de respiración y también durante la descomposición bacteriana.

El CO₂ atmosférico puede inmovilizarse mediante su transformación en CaCO₃ que es insoluble y precipita. El CO₂ puede también retornar de nuevo a la atmósfera mediante la descarbonatación de las rocas calizas. (Bonney A D, 1976)

• Ciclo de fósforo:

Elemento límite de la producción del ecosistema. Los organismos disponen de estrategias bioquímicas para conservarlo. Las plantas lo absorben como fosfato inorgánico que luego incorporan una gran cantidad de compuestos y también como fosfatos inorgánicos solubles. Los mismos compuestos fosforados aparecen en los organismos heterótrofos, que toman el fósforo que necesitan de los escalones tróficos inferiores. En los vertebrados se deposita en los huesos. Las sustancias de deshecho y los restos orgánicos lo devuelven al medio. Las pérdidas de fósforo se producen por el lavado ocasionado por las lluvias y corrientes, así como por el transporte y depósito en los sedimentos marinos y lacustres. Estos sedimentos son puestos de nuevo en circulación por corrientes ascendentes, el fósforo entra en las cadenas tróficas acuáticas y también, de nuevo en las terrestres, al ser consumido los peces por aves o ser capturados para consumo humano. (Bonney A D, 1976)

• Ciclo del nitrógeno:

Las plantas solo pueden incorporar el nitrógeno que se encuentra en forma de nitratos en el suelo, los organismos heterótrofos asimilan el nitrógeno orgánico, componentes de las

proteínas y demás sustancias nitrogenadas, previamente elaborados por los autótrofos. Todos devuelven el nitrógeno al suelo en sus excrementos o tras su muerte, que origina amoníaco. Otras bacterias, las nitrificantes, oxidan el amoníaco y lo transforman en nitritos. Continuarán su oxidación hasta convertirse en nitratos. (Bonney A D, 1976)

● Silicio

Otro elemento importante es el silicio que viene del desgaste por la acción atmosférica de rocas. La presencia del silicio previene el crecimiento de cierto tipo de fitoplancton, las diatomeas, que lo utilizan para hacer sus cáscaras.

Como ya se ha mencionado, los Bloom de marea roja generalmente se deben a proliferación de organismos componentes del fitoplancton, sin embargo, no todas las especies presentan toxinas peligrosas para la salud del hombre.

Las biotoxinas que son producidas por los organismos originadores de marea roja son preferentemente concentradas por la filtración de los **bivalvos** y encontradas en moluscos.

Los bivalvos se alimentan filtrando grandes volúmenes de agua lo que les permite obtener y concentrar apreciables cantidades de organismos componentes del plancton, incluidos los tóxicos, originadores de marea roja. Como consecuencia de la continua filtración de plancton tóxico, grandes cantidades del veneno se ligan a los tejidos o se concentran en las glándulas digestivas de choritos, cholgas, almejas u otros mariscos.

Los moluscos afectados directamente por marea roja tóxica no sufren ningún tipo de alteración en sus características (movimiento, digestión, etc.), de manera tal, que a "simple vista" no es posible detectar su nivel de toxicidad.

La intoxicación paralítica y diarreica por mariscos ocurren como consecuencia de la ingestión directa de moluscos, principalmente los bivalvos (filtradores), siendo la primera una de las formas letales más comunes de intoxicaciones marinas. (Bonney A D, 1976)

CAPITULO 4

4.1 Toxinas producidas.

El hombre está expuesto principalmente a toxinas producidas naturalmente por floración algal nociva (FAN) a través del consumo de productos del mar contaminados con las toxinas que producen estas algas que forman parte del fitoplancton (por ejemplo diatomeas, dinoflagelados), cabe aclarar que no todos los dinoflagelados del plancton marino elaboran toxinas como se cito anteriormente.

Cuando se presenta una floración algal nociva, los moluscos bivalvos que se alimentan por filtración de agua, incorporan el plancton a su organismo y acumulan la toxina. En el caso del caracol de mar (no es filtrador sino predador), acumula la toxina al alimentarse con bivalvos tóxicos. El hombre al ingerir moluscos tóxicos manifiesta un cuadro de intoxicación cuya gravedad dependerá de la cantidad de toxina ingerida. (Casarett and Doull, 2001)

La toxina es resistente a altas temperaturas (resiste la cocción casera), estable en medio ácido (vinagre, limón), no genera inmunidad y no se conoce antídoto. Los moluscos tóxicos no pueden identificarse por evaluaciones organolépticas ya que la toxina no altera su color, olor ni sabor.

La sintomatología de la intoxicación por consumo de mariscos contaminados está condicionada por algunos factores, entre otros, la cantidad de mariscos consumidos, la concentración de toxinas de éstos, edad, contenido estomacal al momento de la ingesta del paciente, etc. (Cordova D, 1998)

Clasificación de las toxinas:

Se conocen varias toxinas asociadas al consumo de productos del mar, tales como:

 <i>Toxina Paralizante (PSP)</i>
 <i>Toxina Diarreica (DSP)</i>
 <i>Toxina Amnésica (ASP)</i>
 <i>Toxina Neurotóxica (NSP)</i>
 <i>Tetradotoxina (TTX) (*)</i>
 <i>Ciguatera (CTX) (*)</i>

(*): Afectan principalmente a peces y han sido descritas para zonas litorales.

Actualmente se siguen identificando muchos tipos de toxinas a partir de los distintos grupos generados de marea roja y con la finalidad de simplificar su estudio se han clasificado de acuerdo al tipo de trastorno que generan en las personas que se intoxican. Estos son: la intoxicación paralizante por moluscos (PSP), la intoxicación diarreica (DSP), la intoxicación amnésica por moluscos (PSP) y la afectación neurológica por moluscos (NSP), es pertinente hacer notar que se respetan las siglas y además, el término moluscos, deberá entenderse como moluscos bivalvos.

Cada uno de estos síndromes son causados por diferentes especies de algas tóxicas, las cuales se encuentran en varias costas alrededor del mundo por tal motivo a continuación presentamos las principales características de cada una de estas. (Balech, 1988)

Mecanismo de acción.

Las investigaciones en las últimas décadas sobre el mecanismo de acción de las estructuras celulares principalmente nerviosas, han demostrado que la mayoría de ellas actúan sobre los canales de sodio y también sobre algunas enzimas específicas pero aun falta mucho por investigar, por ejemplo la localización exacta sobre los sitios receptores, los mecanismos de transducción y respuesta fisiológica, la activación y desactivación, la ruta metabólica, etc. Sin embargo hay muchos avances en los estudios los cuales sirven de base para continuar con las investigaciones y poder profundizar al respecto.

4.1.1 Intoxicación amnésica de los bivalvos.

Organismo causante:

Pseudo-nitzschia sp.

Toxina producida:

Ácido domoico. (Fig.4.1.1)

Mecanismo de acción:

Toxinas amino-dicarboxilicas (ASP)

Las intoxicaciones de tipo amnésico están dadas por la acción del ácido domoico sobre el sistema nervioso central. A la fecha se tienen algunos avances que demuestran la acción selectiva de este ácido sobre los mecanismos neuronales en invertebrados. En estudios realizados con células nerviosas cerebrales en ratas, se ha descubierto que este ácido actúa con gran potencia de excitación seguida de una gradual despolarización del potencial de membrana, sobre todo en la región del hipocampo.

Con base en estudios bioquímicos y fisiológicos, concretamente se ha propuesto que el ácido domoico actúa en tres distintos receptores que son: quisqualato, N-metil-D-aspartame y kainato, así como su acción sobre los receptores neuronales es tres veces más potente que el ácido kainico, con base en diversas publicaciones también existe la hipótesis de que el ácido domoico compite por el receptor del ácido glutámico, esto debido seguramente a sus estructuras similares. (Repetto M, 1993)

El mecanismo de acción del ácido domoico; es un ácido tricarboxílico que actúa como una neurotoxina, esta se une a los receptores del glutamato como se mencionó antes, los cuales se desarrollan en el proceso de memoria. Cuando esos receptores son excesivamente activados, como ocurre con el ácido domoico, daña permanentemente a los canales neuronales, perdiendo su función neuronal llamado intoxicación amnésica de los bivalvos (ASP, por sus siglas en inglés), también produce efectos gastrointestinales.

El ácido domoico es termoestable y similar a sus análogos bioquímicos, ácido kainico y ácido glutámico con en el mismo sitio receptor en el SNC. Las lesiones en cerebro humano, especialmente en el hipocampo, se ha demostrado en los casos humanos que son similares a

los vistos en ratas después de la administración de ácido kainico vía intravenosa. (Dreibach R H, 1981)

Síntomas:

Es caracterizado por desórdenes gastrointestinales y neurológicos. La gastroenteritis se genera en un plazo de 24 horas por el consumo de crustáceos tóxicos; los síntomas incluyen náusea, vomito, los calambres abdominales y diarrea.

En casos severos, los síntomas neurológicos también aparecen, generalmente en el plazo de 48 horas por consumo de los crustáceos. Estos síntomas incluyen vértigos, dolor de cabeza, desorientación, pérdida de la memoria a corto plazo, dificultad respiratoria y el coma.

Síntomas agudos vomito y en ciertos casos, confusión seguida de pérdida de memoria, desorientación e incluso coma. Los síntomas agudos son suaves si los comparamos con PSP. Deja secuelas neurológicas permanentes, especialmente disfunción cognoscitiva, es más probable en las personas como son varones mayores (> 60 años), y en personas más jóvenes con enfermedades preexistentes tales como diabetes, enfermedad renal crónica e hipertensión con una historia de ataques isquémicos transitorios. Esto debido a su capacidad bioquímica para responder ante la toxina. (Córdova D, 1998)

DL₅₀ :

La LD₅₀ para el ácido domoico en ratas es de 4 mg/kg, sin embargo la potencialidad oral es sustancialmente más bajo (35-70 mg/kg).

La dosis máxima aceptada internacionalmente es de 20 µg/g de marisco, datos aportados por la FDA.

Tratamiento:

El tratamiento del ASP es sintomático y de apoyo. Se ha observado clínicamente que los pacientes responden al diazepam y al fenobarbital vía intravenoso.

Tiempo de recuperación:

Los casos menos severos se presentan dentro de las 24 horas de haber consumido los bivalvos contaminados. En casos más severos los síntomas neuronales incluyen la muerte.

Estructura:

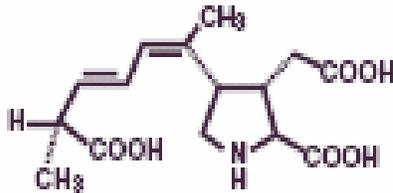


Fig. 4.1.1 ácido domoico. (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

El método de diagnóstico se realiza a través del bioensayo del ratón.

El análisis del ratón usado para la prueba del ASP es igual que para PSP. La potencia relativa de las toxinas del ASP parece ser menor que PSP. Además, el rasguño involuntario de hombros con las piernas traseras por los ratones fue observado y no es típico de PSP. El análisis del HPLC puede cuantificar el ácido domoico de los crustáceos contaminados en episodios del ASP.

Se piensa que la toxina no causa efectos negativos en los bivalvos, pero en el hombre cantidades pequeñas son muy tóxicas y además se desconoce su antídoto como ya se mencionó. La toxina no desaparece con el lavado del producto y no es afectada por el calor. La marea roja tiene una vida corta, dura de 2 a 3 semanas y la mayoría de los moluscos degradan o excretan la toxina 3 semanas después de haber ingerido los microorganismos. Consecuentemente los moluscos afectados sólo son tóxicos en ciertas ocasiones. No obstante, en ciertas especies de almejas la toxina se distribuye por todo el organismo permaneciendo tóxica durante meses. (Anderson, 1994)

Especies de dinoflagelados productores:

Las especies asociadas con ASP, principalmente del género *Pseudo-nitzschia* spp. Son las siguientes:

Pseudo-nitzschia australis

Pseudo-nitzschia delicatissima

Pseudo-nitzschia multiseries
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima

4.1.2 Intoxicación ciguatera de peces.

Organismos productores:

Gambierdiscus toxicus, G. proroentrum sp, G. ostreopsis sp.

Toxina producida:

Ciguatoxina (Fig. 4.1.2)

Mecanismo de acción:

El mecanismo de acción; parece ser que la ciguatoxina bloquea los canales de sodio de la membrana celular, aunque antes se creía que inhibía la colinesterasa. Al bloquearse estos canales se incrementa la permeabilidad al sodio de la membrana, con lo cual la despolariza. Puede afectar hasta a la fuerza y frecuencia del latido cardíaco generando con ello una parálisis respiratoria, La causa de la muerte es la paro respiratorio al dejar de funcionar el músculo diafragma, deja de funcionar el corazón como ya se menciona. (Takayiki S, 1993)

Síntomas:

La ciguatera afecta en el hombre tanto al tracto gastrointestinal como al sistema nervioso. Sus síntomas son muy complejos algunos pacientes comienzan alrededor de las primeras dos horas después del consumo del animal contaminado (no más tarde de un día y medio) se empieza a notar debilidad.

Los siguientes síntomas son un compendio de los que se han descrito en diferentes pacientes, lo cual no implica que tengan que producirse todos necesariamente ni excluye que pueda haber otros. Se pasa rápidamente a un cuadro gastrointestinal inespecífico: anorexia, náuseas, vómitos, hipersalivación, diarrea y dolor abdominal. Rápidamente dejan paso a un cuadro nervioso, más duradero, caracterizado por una incoordinación en los movimientos, parálisis musculares, dolores musculares, adormecimiento y pinchazos en pies, manos y labios (con una sensación como si se cayeran los dientes), picores, bradicardia, mareos, vértigo, sensación de flotar en el aire, dificultad de palabra; también se han observado casos de incontinencia urinaria y fenómenos de inversión de la sensación térmica. (Casarett and Doull, 2001)

Tratamiento:

El tratamiento médico ha sido en gran parte sintomático; una variedad de agentes, inclusive vitaminas, los antihistamínicos, anticolinestearasas, antidepresivos de esteroides y tricíclico, se han tratado con resultados limitados.

Con éxito considerable aparente, por lo menos agudamente, infusiones de manitol se ha utilizado.

Tiempo de recuperación:

Los síntomas pueden durar unas horas o varias semanas e incluso más, como ya se mencionó cuando no se mantienen un control estricto respecto de la enfermedad.

A veces se presenta la muerte a los pocos días de iniciado los síntomas.

Estructura:

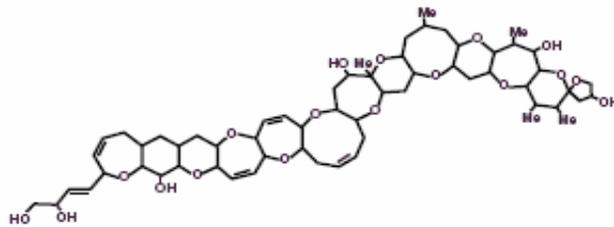


Fig. 4.1.2 Ciguatoxina. (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

Las toxinas de ciguatera se pueden recuperar de pescados tóxicos con procedimientos largos de extracción y de purificación. La prueba biológica del ratón es un método generalmente aceptado para establecer la toxicidad de los pescados sospechosos (considerando características como el tamaño y el peso del pescado). Un método mucho simple de análisis y cuantificación, previsto para suplantar la prueba biológica del ratón para identificar las toxinas de ciguatera está bajo evaluación y aún no se tiene información en México sobre la técnica.

Se han desarrollado diversos métodos para identificar los pescados ciguaterotóxicos, como los bioensayos y más recientemente, un inmunoensayo enzimático. Sin embargo, hasta que se hayan determinado todas las toxinas responsables de la ciguatera ningún inmunoensayo por si solo puede considerarse satisfactorio para la protección de la salud pública. La ciguatera ha sido un problema grave durante muchos años para los habitantes de las islas del Pacífico Sur y constituye un gran obstáculo para la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas de origen marino. (Takayiki S, 1993)

Especies productoras:

La ciguatoxina y algunos de sus compuestos han sido aislados del tejido muscular de varios peces de las especies *Gambierdicus toxicus*.

La maitoxina fue aislada, por primera vez de las entrañas (intestinos, hígados) de pescados que mediante cirugía, presentaron esa toxina en su masa.

La scaritoxina (ScTX) ha sido hallada en la carne o masa del pez cotorra. No obstante, la ciguatoxina (CTX) y la maitoxina (MTX) se han encontrado en el hígado e intestinos de pescados ciguateros, lo que hace pensar que la scaritoxina es un metabolito de la ciguatoxina.

La toxicología admite diversas formas de ictiosarcotismo o intoxicación por consumo de pescado (del griego tisis = pescado y zarco = carne) la palabra ciguatera deriva de cigua nombre de un de las especies de moluscos concha enrollada que habita en el mar del Caribe.

El nombre de ciguatera se refiere a un síndrome insidioso y muy difundido de ictiosarcotismo es decir a una intoxicación por pescado asociado con la piel, viseras y músculo normalmente comestible. Son más de 400 las especies que han estado implicados en casos de ciguatera entre ellas algunas de buen tamaño, como barracudas, chernas, etc.

La ciguatoxina es termoestable, en consecuencia no se destruye al cocer el pescado, es resistente a los jugos gástricos, por lo cual pasa al intestino, donde se absorbe. Al estar compuesta por varias sustancias hidrosolubles y liposolubles, todas ellas incoloras, que quedan acumuladas sobretodo en el agua de cocción; en el pescado o marisco queda en las viseras, las gónadas y en el tejido muscular. (Dreibach R H, 1981) Además cuanto más grande sea, más toxina tendrá acumulada, y más grave será la intoxicación, por lo que hay que prestar especial atención a los tiburones, barracudas, guajos y doradas.

Recomendación para consumir pescado:

No se puede detectar por el color, el olor o el sabor, sino que se acumula en el tejido haciendo que el pescado grande pueda tener más toxinas.

Pero, para evitar una intoxicación, se recomienda:

- a) No comer los pescados que pesan más de 5 o 6 libras.
- b) Evitar la mayoría de las especies sospechosas como son: barracuda, anguilas, snapper, gato.
- c) Recordar: La incidencia más alta de ciguatera ocurre en pescados de agua caliente del arrecife coralino.
- d) No coma los órganos internos, o las vísceras, donde la toxina se acumula.
- e) Escuche la sabiduría local sobre pescados para evitar intoxicaciones.
- f) Si es posible, pida los pescados enteros, esto garantiza un pescado bastante pequeño para caber en su plato y es quizás una apuesta más segura a consumir (Gallo, 1987)

4.1.3 Intoxicación diarreica de los bivalvos.

Organismos productores:

Dinophysis sp

Toxina producida:

ácido okadoico. (Fig. 4.1.3)

Mecanismo de acción:

Toxinas polièter (DSP).

De esta toxina, el ácido okadoico es uno de los que más se ha estudiado hasta la fecha y se ha logrado saber un poco sobre su mecanismos de acción, en pruebas in vitro se demostró que las fosfatasas del músculo liso se ven afectadas por una acción inhibitoria de las toxinas, aún en concentraciones macromoleculares. Por esto en la intoxicación en humanos, el signo predominante es la diarrea, por el desequilibrio hidroelectrico a nivel intestinal, el mecanismo de acción de la diarrea se cree que se debe a la fosforilación de las proteínas que controlan la secreción del ión sodio por las células intestinales, o por la fosforilación de las células o elementos que regulan la permeabilidad de los electrolitos, generando una pérdida de fluidos.

La toxina más estudiada es el ácido okadoico, es un inhibidor de la proteinfosfatasa, inhibe la desfosforilación de proteínas parte integral para el metabolismo, membrana de transporte, secreción y división celular y en la primera etapa promotora de tumores.

La diarrea es causada en ratones cuando el componente ácido del ácido okadoico se inyecta interperitonealmente, la pectenotoxina 1 causa daño de hígado en ratones bajo circunstancias semejantes, las pectenotoxinas y yessotoxinas son mortales en ratones con inyección via IP. (Loomis, 1993)

El ácido okadoico es lipofílico. Es un inhibidor poderoso de fosfatasa como se mencionò antes disminuyendo la desfosforilacion en el citosol de las células mamíferas de treonina. Causa probablemente diarrea estimulando la fosforilación que controla la secreción de proteínas que controlan la secreción de sodio por células intestinales semejante al mecanismo de Vibrio

colera, aunque por un mecanismo diferente. El ácido okadoico actúa también por las variaciones de la concentración celular del Ca^{2+} segundo mensajero.

Finalmente, el ácido okadoico funciona no sólo como un promotor del tumor (promotor del tumor de piel en el ratón que utiliza DMBA como el iniciador), pero es también capaz de invertir la transformación de la célula en algunos oncogenes. (Loomis, 1993)

Síntomas:

La toxina en el hombre produce problemas gastrointestinales, tales como diarrea, náuseas, vómitos y dolor abdominal. Los síntomas comienzan entre los 30 minutos a 12 horas, con un promedio de 4 horas.

Esto es una enfermedad auto limitada de diarrea sin secuelas crónicas conocidas. No hay evidencia de neurotoxicidad y ningún caso fatal se ha informado jamás. Se presenta la diarrea en el 92% de los casos, seguido por la náusea (80% de los casos) y vómito (79% de casos), con el comienzo de las manifestaciones en personas intoxicadas dentro de los 30 minutos y las 12 horas próximas de la ingestión. (Repetto, 1993)

DL₅₀ :

El potencial tóxico del ácido okadaico es el más bajo de los polímeros neurotóxicos.
LD₅₀ = 192 mg/Kg. en ratones.

Tratamiento:

El tratamiento es sólo sintomático y sostenedor con respecto a la diarrea a corto plazo y se recomienda acompañar de líquido para prevenir la pérdida de electrolitos. En general, la hospitalización no es necesaria; el líquido y los electrolitos se pueden reemplazar generalmente oralmente.

Tiempo de recuperación:

La recuperación más larga es de tres días para los casos más severos.

Estructura:

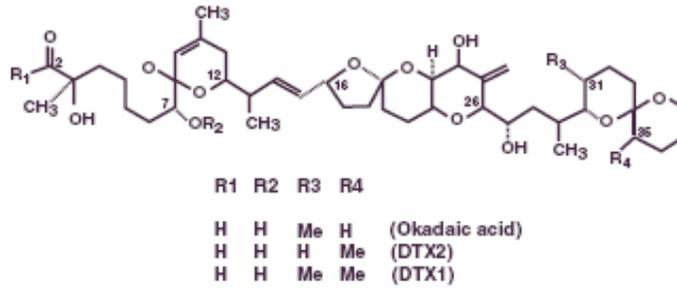


Fig. 4.1.3 ácido okadaico. (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

Se dispone de un método de HPLC para el descubrimiento de toxinas de DSP está disponible y es utilizado en Suecia con propósitos de control, también es empleado el método del bioensayo del ratón para determinar los niveles máximos permisibles.

Especies de dinoflagelados productores:

Los dinoflagelados productores de esta toxina son: *Dinophysis* y *Prorocentrum lima* y pueden contaminar al molusco aún en bajas concentraciones (cientos de células por litro).

Un número de especies del género *Dinophysis* que produce ácido okadaico y otros compuestos relacionados, por ejemplo:

- *Dinophysis acuminata*
- *Dinophysis caudata*
- *Dinophysis fortii*
- *Dinophysis noruegica*
- *Dinophysis rotunda*

Otra tóxina que se puede confundir con esta es la azaspiracida.

La intoxicación con azaspiracida (AZP), ha sido confundida con la intoxicación diarreaica de los bivalvos (DSP), porque presenta la sintomatología muy similar a ésta. Ambas la DSP y AZP causan escalofríos, dolor de cabeza, diarrea, náuseas, vómito y dolor estomacal. Sin embargo la azaspiracida es más tóxica que el ácido okadaico. Algunas investigaciones sugieren que puede promover tumores (Anderson, 1994). Una investigación inicial muestra que AZA-1 es

diferencialmente citotóxica en 7 tipos de células. (Cortez A R; 1998). La intoxicación por azaspiracida en mariscos (AZP), se extrajo de mejillones irlandeses. Es un sólido amorfo sin color. También se han aislado 4 análogos 2 de ellos eran la 8-metilazaspiracida y la 22-demetilazaspiracida. La mayor parte se acumula en las glándulas digestivas, y pueden migrar a otros tejidos. Sus mecanismos de acción se desconocen hasta el momento. En Europa en 2002 se concluyó que los niveles máximos fuesen de 160 microgramos por Kg. de producto. Los métodos de bioensayo en ratones son los más comunes. (Cortez A R; 1998)

4.1.4 Intoxicación neurotóxica de los bivalvos.

Organismos productores:

Gymnodinium breve

Toxina producida:

Brevetoxinas. (Fig. 4.1.4)

Mecanismo de acción:

Las sustancias químicas responsables de las intoxicaciones tipo NSP, También derivan de una estructura poliéter y son generadas por dinoflagelados *Gymnodinium breve*. Por lo que se les ha denominado genéricamente brevetoxinas y se caracterizan por provocar muertes masivas de peces, cuyo mecanismo de acción aun se desconoce, sin embargo, se sabe que actúan fisiológicamente sobre las células nerviosas bloqueando los canales de sodio, también se ha demostrado que provocan despolarización de la musculatura lisa del tejido bronquial.

Se le conoce como brevetoxina son poli- éteres solubles en lípidos que bajo activación interfiere con los canales de sodio y despolariza las células nerviosas propiciando el descontrol de dichos canales.

Síntomas:

Los síntomas son neurotóxicos: parestesia, sensación alternada de calor y frío, náuseas, vómitos, diarrea y ataxia dentro de las 3 horas de ingerido el alimento. No se observa parálisis. También se ha descrito irritación de ojos y garganta en humanos por aerosoles en las costas y contaminación de peces. (Loomis, 1984)

DL₅₀ :

El ratón LD₅₀ es (0.15-0.27 del mg/kg) intraperitonealmente. En casos humanos de NSP, las concentraciones de brevetoxina presentes en almejas contaminadas ha sido reportado de (78-120 µg/100 mg).

Tratamiento:

Solo se recomienda el uso de cubre bocas ya que esta toxina genera aerosoles que molestan la garganta así como no emplear el aire acondicionado mientras permanezca la marea roja.

Tiempo de recuperación:

La recuperación es generalmente completa en unos pocos días y no se han reportado fallecimientos por esta.

Estructura:

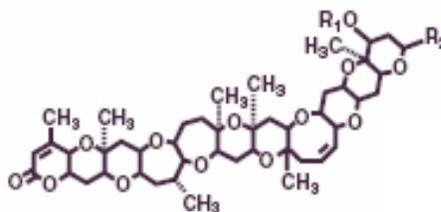


Fig. 4.1.4 Brevetoxina. (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

La identificación se realiza también a través del bioensayo del ratón. Investigaciones reciente mencionan una prometedora metodología de HPLC para la identificación de las toxinas de *Gyrodinium aureolum*, pero aún no se establece esta técnica de identificación en México.

Especies de dinoflagelados productores:

La toxina neurotóxica es producida por el dinoflagelado *Gymnodinium breve* (*Ptychodiscus brevis*). Los primeros casos se presentaron en 1965, en Florida, USA. Se han aislado 6 compuestos tóxicos asociados a la toxina neurotóxica de los mariscos, los síntomas y signos son similares a la toxina paralizante pero no llegan a producir la muerte.

Otra especie que produce las brevetoxinas es la *Kerenia brevis*, se encuentra en el Golfo de México a lo largo de las costas de Texas y Louisiana, el este de las costas de Florida y el norte de Carolina. *Kerenia brevis* forma marea roja incolora, produce la toxina en forma de aerosol resultando en irritación en los seres humanos que visitan las playas, así como mortalidad de peces. (Gallo, 1987)

4.1.5 Intoxicación paralítica de los bivalvos.

Organismos productores:

Gymnodinium catenatum, *Alejandroium sp*, *Pyrodinium bahamense*

Toxina producida:

saxitoxinas o mitilotoxina. (Fig. 4.1.5)

Mecanismo de acción:

En la actualidad la saxitoxina responsable de intoxicaciones (PSP) son las que más se estudian desde hace algunas décadas, se descubrió que este tipo de toxinas actúan selectivamente sobre las membranas nerviosas; por esta razón se clasifican dentro del grupo de las sustancias naturales neurotóxicas. Sus grupos guanidina son la base estructural de su molécula, los cuales bloquean los canales para los iones de sodio, alterando la conducción del impulso nervioso. En los años setentas, algunos investigadores como Kao demostraron in vitro que las saxitoxinas actúan también sobre el músculo liso bascular causándole una acción relajante y sobre el músculo cardíaco, disminuyendo el potencial de acción. (Gonzales, 1996)

Síntomas:

La intoxicación comienza entre los 5 a 20 minutos después de la ingestión del alimento contaminado, los síntomas de la intoxicación paralizante de los bivalvos se produce en el ser humano, por el consumo de bivalvos contaminados con esta toxina; inicia con una sensación de cosquilleo y adormecimiento de la boca, región peribucal, encías y lengua, irradiándose luego a cuello y hombros. En casos moderados y severos de intoxicación, los síntomas siguen

con cefalea, mareos, náuseas, insensibilidad de brazos, piernas y cuello, dificultad para hablar y tragar, rigidez e incoordinación de extremidades, sensación de flotación, dificultad respiratoria y taquicardia.

En los casos de mayor gravedad, la que depende de la cantidad de mariscos consumidos, puede llevar a la parálisis de los músculos de las piernas y brazos y finalmente a la muerte por parálisis respiratoria, en el lapso de 2 a 10 horas. (Loomis, 1993)

DL₅₀ :

En 1951 la FDA ha publicado unas normas que limitan el contenido de toxina PSP en los moluscos congelados o enlatados a 400 UR/100g. Desde 1958 la cantidad máxima permitida de saxitoxina en los productos de la pesca ha sido de 80 mg/100g. Si las porciones comestibles de los moluscos de una zona de cultivo contienen más de 80 mg/100g se prohíbe la pesca comercial.

La toxicidad de la saxitoxina se expresa en unidades de ratón (UR); esto es la cantidad de toxina que mata a un ratón de 20 gr de peso de raza swiss webster en 15 min.

La dosis letal mínima para el hombre se estima en 0.5 mg.

La dosis oral en humanos para causar la muerte es 1 a 4 mg (5.000 a 20.000 unidades del ratón) dependiendo de la edad y la condición física del paciente.

DL₅₀ oral es de 1-4 µg/kg de peso en humanos.

Tratamiento:

No se dispone de antídotos específicos y como tratamiento debe practicarse lavado gástrico, ingestión de abundante agua, administración de diuréticos y respiración artificial cuando corresponda. La toxina se elimina rápidamente por la orina y la recuperación es completa.

Pero esta atención deberá ser proporcionada por personal autorizado y capacitado para ello.

Tiempo de recuperación:

Las víctimas de esta toxina se recuperan dentro de 12-24 horas de la intoxicación, en algunos casos más severos puede causar la muerte por parálisis respiratorio como se mencionó anteriormente.

Estructura:

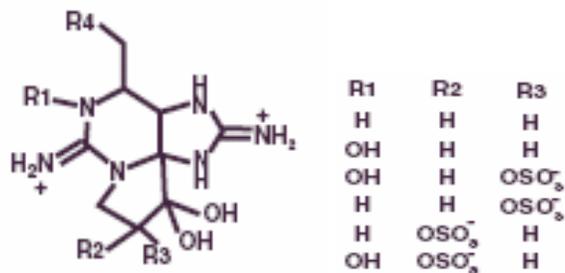


Fig. 4.1.5 Saxitoxina. (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

En los primeros trabajos sobre PSP la toxina se identificó mediante un bioensayo en los ratones. Después de aislada la toxina pura (saxitoxina) se vio que una unidad ratón (UR) era igual a 0.18 µg o a una dosis de 9 µg/Kg. de ratón de 20 gr. en los animales de laboratorio la toxicidad oral es aproximadamente la décima parte de la de una inyección intraperitoneal. La dosis mínima letal calculada para las personas es de 4 mg o menos y se admite que una dosis de 1 mg causa una intoxicación leve.

El método del análisis de HPLC para todas las toxinas de PSP se ha desarrollado con la buena correlación en lo que respecta a la cuantificación. En países como Chile y Estados Unidos. (AOAC, 1990)

Especies de dinoflagelados productores:

Estas toxina o especies son: *Alexandrium catenella*, *A. minutum*, *A. tamarense*, *A. fracterculus*, *A. acatanella*, *A. monileta*, *A. lusitanicum*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense var. compressum*.

4.1.6 Intoxicación por Tetradotoxina.

Organismos productores:

Pez fugu o globo.

Toxina producida:

Tetradotoxina (Fig.4.1.6)

Síntomas:

Los síntomas de la intoxicación por tetradotoxina aparecen generalmente a los 30-60 min. (y a veces antes) de ingerido el pescado y su desarrollo típico acaece en cuatro fases:

- I. Insensibilidad de labios y lengua y a menudo de los dedos; náuseas, vomito y ansiedad.
- II. La insensibilidad se intensifica cuando hay parálisis muscular de las extremidades sin perdida de los reflejos tendinosos.
- III. Ataxia (falta de coordinación muscular) cada vez más manifiesta, seguida de parálisis. no se pierde la conciencia pero es difícil expresarse debido a la parálisis.
- IV. Pérdida de conciencia; muerte por parálisis respiratoria.

Si los síntomas se desarrollan rápidamente el pronóstico de recuperación de la intoxicación por tetradotoxina es desfavorable. Si el vomito es intenso o si los síntomas correspondientes a los de las fases tercera y cuarta no hay antídoto posible. Normalmente el mejor tratamiento de

la intoxicación por tetrodotoxina es eliminar el toxico del tracto gastrointestinal y aplicar respiración artificial. (Takayiki S, 1993)

DL₅₀:

La DL₅₀ de la tetrodotoxina para los ratones (inyección intraperitoneal) es de 10 ug/kg casi la misma que la de la saxitoxina no obstante, la tetrodotoxina absorbida inhibe o bloquea el flujo de los iones de sodio en las neuronas y rompe así la transmisión de los impulsos nerviosos.

La dosis letal por vía oral para el hombre es de unos 1-2 mg de tetrodotoxina cristalina, lo que equivale a aproximadamente 1 g de ovario de una especie muy toxica pescada durante el invierno; corrientemente se necesitan mas de 10 gramos de huevas para producir una intoxicación mortal. La mayor parte de las intoxicaciones tiene lugar en el Japón debido a la presencia en sus aguas de pez globo muy tóxicos y al empleo corriente de los mismos como alimento. (Loomis, 1993)

Tratamiento:

Dado que la tetrodotoxina no es antigenitica, no se dispone de antisuero, se recomienda un lavado gástrico y ayuda respiratoria. (Kao, 1971)

Tiempo de recuperación:

No se tiene reportado un dato específico; ya que es muy variable.

Estructura:

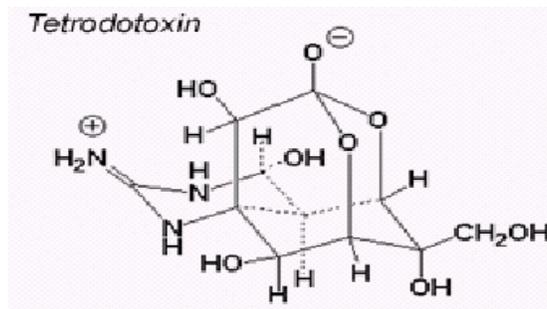


Fig. 4.1.6 (<http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>)

Identificación:

La intoxicación por pez globo conocido también como fugu, se asocia fundamentalmente con los órganos reproductores del pescado. Se encuentra esta toxina en muchas especies de pez puffer o globo(esferoides), en el pez sol y en pez erizo. También la producen algunos anfibios de Suramérica y África mayoría de los casos de intoxicación humana por *tetrodotoxina* se deben al pez globo. En Japón se considera una delicia, en parte, al menos por los riesgos que supone el consumir el

pez globo del que no se ha eliminado el veneno. Ciertas especies en especial la de fugu son muy populares en la cocina internacional en reportes se menciona que se han intoxicado hasta 50 personas por el consumo de pez fugu al año. En los últimos 100 años se han reportado en países como Japón hasta 1000 casos por década. Los aspectos más placenteros de la ingestión de pez globo, una ligera insensibilidad de labios y lengua y una sensación de calor, son signos claros de una intoxicación ligera por tetradotoxina.

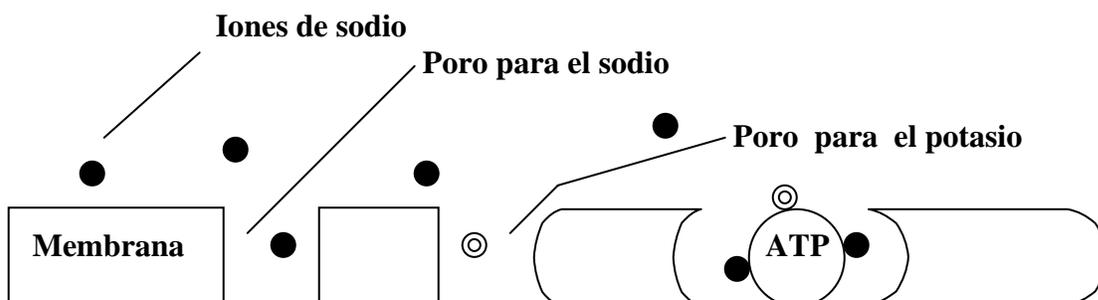
Presentación; En la mayoría de los casos de las especies con tetradotoxina la mayor concentración ocurre en los ovarios, huevos, hígado y en menor grado en la piel e intestinos.

Generalmente las concentraciones son mayores en las hembras que en los machos y su concentración y su presencia guarda una estrecha relación con el período de reproducción de la hembra de cada especie, la mayor concentración de esta tetradotoxina tiene lugar en el periodo de invierno. Se admite que son cerca de 80 especies de pez globo, tetradiniforme, que contienen toxina. La tetradotoxina del músculo es muy pequeña, la intoxicación se produce frecuentemente por contaminación de las partes comestibles del pescado con ovarios o hígado o a consecuencia de la ingestión directa de estos órganos internos. (Loomi, 1993)

4.2 Mecanismo general de acción de la toxina paralítica y la tetradotoxina.

Como se mencionó anteriormente la mayoría de las distintas toxinas generadas en una marea roja mantienen un mecanismo de acción semejante que genera un desequilibrio en el adecuado funcionamiento de la célula por este motivo en la Fig. 4.2 se muestra el mecanismo de acción que genera el desequilibrio en las células ante la acción de las toxinas.

Algunas neurotoxinas, como la tetradotoxina y la saxitoxina, poseen un interesantísimo mecanismo de acción. Recordemos que en el interior de la célula en reposo el elemento más abundante es el potasio, y en el exterior de la célula es el sodio; el potencial de reposo de la membrana celular mantiene cerrados los poros de esta. Al reducirse este potencial, se abren los poros, primero los del sodio (que entran en la célula) y después los de potasio (que salen); esto origina un impulso eléctrico que se propaga por el axón. Posteriormente, los iones volverán a sus espacios respectivos, mediante consumo de energía (hidrólisis ATP). Se ha visto que algunos tóxicos se unen a la abertura externa del poro o canal de sodio y lo bloquean. Este es el caso de las dos toxinas citadas, que poseen un grupo guanidilo que, parece ser, mimetiza al sodio al aproximarse a su canal y bloquearlo. La tetradotoxina se encuentra en los peces globo (tetraodontidae), como el fugu, que es comido por los japoneses después de quitarle las glándulas que tienen el tóxico la saxitoxina se halla en la mitilotoxina, producida por el plancton marino *Gonyaulax*, dinoflagelado culpable de las llamadas mareas rojas, por que durante el día da una coloración rojizo, y de noche luminiscente; la toxina es concentrada por los mariscos que se alimentan del plancton, y cuando el hombre los ingiere sufre parálisis neuromusculares graves como ya se mencionó en otros capítulos anteriores. (Repetto; 1993)



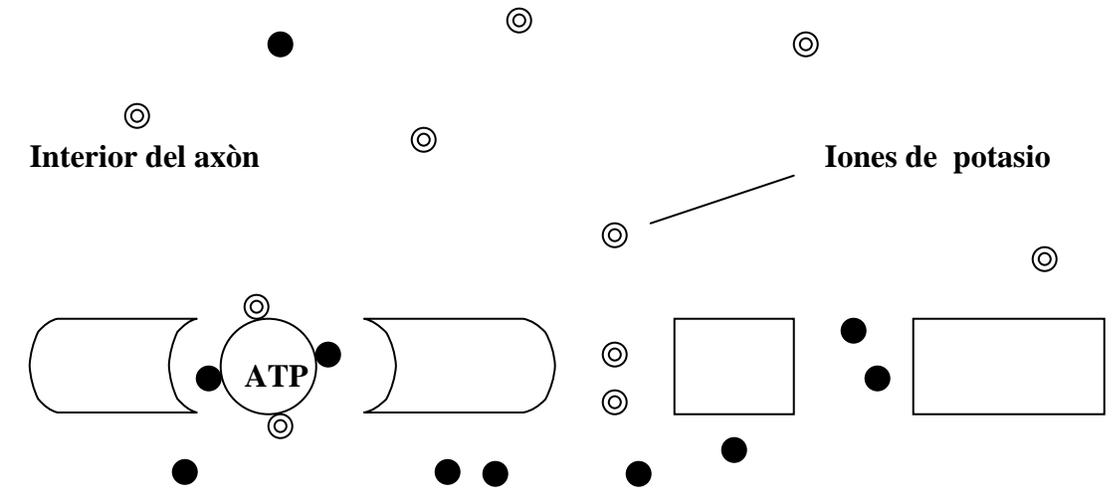


Fig. 4.2 Mecanismo gral. de acción. de la TTX y PSP.

CAPITULO 5

5.1 Distribución de especies toxicas.

El fenómeno de marea roja, es ocasionado por el florecimiento y acumulación de una gran cantidad de microalgas en el mar en condiciones favorables de temperatura, salinidad y nutrientes como ya se ha mencionado con anterioridad. El excesivo incremento de microalgas provoca una coloración parda rojiza en el agua, así como efectos adversos sobre la biota marina.

En México, se han identificado tres especies como productoras de este fenómeno, *Pyrodinium bahemense* var. *compressum*, *Gymnodinium catenatum* y *G. brevis* especialmente.

Factores como son el crecimiento poblacional desmedido, la gradual eutrofización de las costas y los constantes cambios a nivel mundial son factores muy importantes en el futuro cambio de las aguas costeras en la Republica Mexicana y el mundo, que ante las actuales circunstancias van sin duda a favorecer la reproducción exponencial de los dinoflagelados tóxicos y por consecuencia la aparición de la llamada marea roja. (Braarud;1967) De ahí la importancia de mantener una constante vigilancia en las costas de la Republica Mexicana. En especial en aquellas zonas en las que por su crecimiento debido al turismo o la acuicultura tienden a deteriorar con mayor rapidez la calidad del agua y el riesgo de intoxicación es más probable.

La distribución de las mareas rojas no se conoce con exactitud debido a que no en todos los estados de la república se mantiene un monitoreo constante y es debido a ello que hay pocos estudios al respecto y no se tienen el seguimiento adecuados en los cuales se pueda uno respaldar para brindar la información más precisa a pesar de ello mencionaremos las principales especies toxicas que se han presentado que no son precisamente las únicas que se han manifestado.

Para ubicar las especies de toxinas presentes en los últimos años, se plantea una división por zonas costeras, exclusivamente en la República Mexicana, con el objeto de mantener un antecedente de la presencia de las toxinas más frecuentes en las últimos dos décadas. (Cortez A R, 1995)

5.2 Costa Suroeste del Pacifico:

Desde hace más de 20 años no se presentaba ni se tenían reportes al respecto. De el 7 al 21 de Diciembre de 1989 se presenciaron por primera vez en casi 2 décadas mareas rojas en los estados de Oaxaca, Chiapas, cuyo organismo o especie involucrada se debía a *Pyrodinium bahamense* var. Se ha reportado que se presentan generalmente en el invierno y se muestran en la Fig. 5.2

Otra de las zona en la que en los últimos años se ha reportado la presencia de el fenómeno de la marea roja es en la bahía de Acapulco, donde los primeros registros son relativamente recientes, puesto que no van mas allá de siete años donde se conocen cinco florecimientos muy fuertes. Que fueron detectados gracias a informes técnicos del programa mexicano de sanidad de moluscos bivalvos otro motivo que recalca la importancia de establecer programas firmes que permitan mantener un estricto control de dicho fenómeno.

El último evento catastrófico ocurrió en Noviembre de 1995 con una duración de aproximadamente 110 días registrándose solamente tres decesos. También se tuvieron perdidas económicas de 20 000 millones de pesos debido a la veda de bivalvos y por tanto a la falta de venta del mismo. (Cortez A R, 1995) Este fenómeno afecto desde el estado de Chiapas hasta el estado de Michoacán Lázaro. Se identifico que la especie responsable fue *Pyrodinium bahamens* var. Algunos informes reportan también la presencia de *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium splendens*, también se observo envenenamiento y muerte de tortuga.

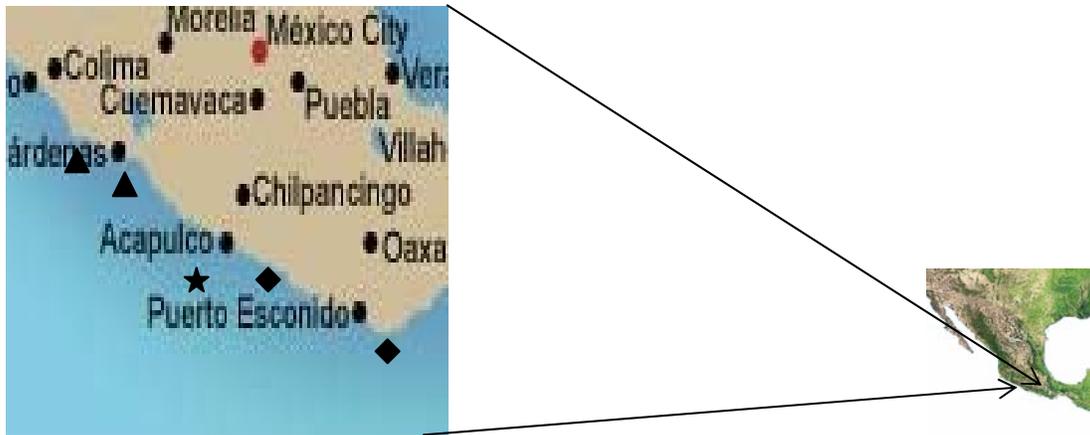


Fig.5.2. Probable distribución de *Pyrodinium bahamense* var (★); mortalidad de peces y tortugas.(▲) Casos reportados de PSP (◆)

5.3 Golfo de México:

Es en esta zona donde se localizan los registros de mayor antigüedad. Que se han reportado desde 1957 en Veracruz caracterizados por una amplia mortandad de peces. Desde 1997 así como algunos decesos debido a ello se cree que puede existir otra especie toxica pero que aun no ha sido determinada debido a que anteriormente no se mantenía un registro ni técnicas para la identificación de la toxina.

Se menciona que antiguamente era común entre la población síntomas como la irritación y accesos de tos así como muerte de peces. Que fueron muy intensos en 1853, 1861, 1871. Conjuntamente aún con estos antecedentes las autoridades sanitarias correspondientes así como de investigación de esta zona no han seguido un registro por lo que solo se conocen las consecuencias catastróficas de dichos eventos.

Posteriormente a ellos el registró debido a Ramírez Granados, en 1963 determino que el microorganismo más común en el área es *Gymnodinium brevis*. Sin embargo cabe destacar que en la actualidad en esta zona se comienza a mantener monitoreo ya más específico respecto a las incidencias de la marea roja. (Cortez A R, 1995)

Aún en la actualidad las marea rojas se presentan en esta zona y cada vez con mayor frecuencia presentándose gran mortandad de peces. Tal es el caso de unos de los más recientes eventos presentados en el estado de Veracruz en enero del 1995. Señalando la

masa de peces muertos y los efectos generados por los aerosoles en las comunidades vecinas al lugar.

Se tienen registros desde 1879, por lo que se considera que la marea roja pudiera tener una periodicidad pero debido a las políticas al respecto ha sido imposible mantener un seguimiento que nos permita definir la época de mayor incidencia. Ni las características ambientales que lo favorecen. Observándose mayoritariamente en las costas de Veracruz sin descartar que se presente en la parte norte donde es posible que no haya sido apreciado.

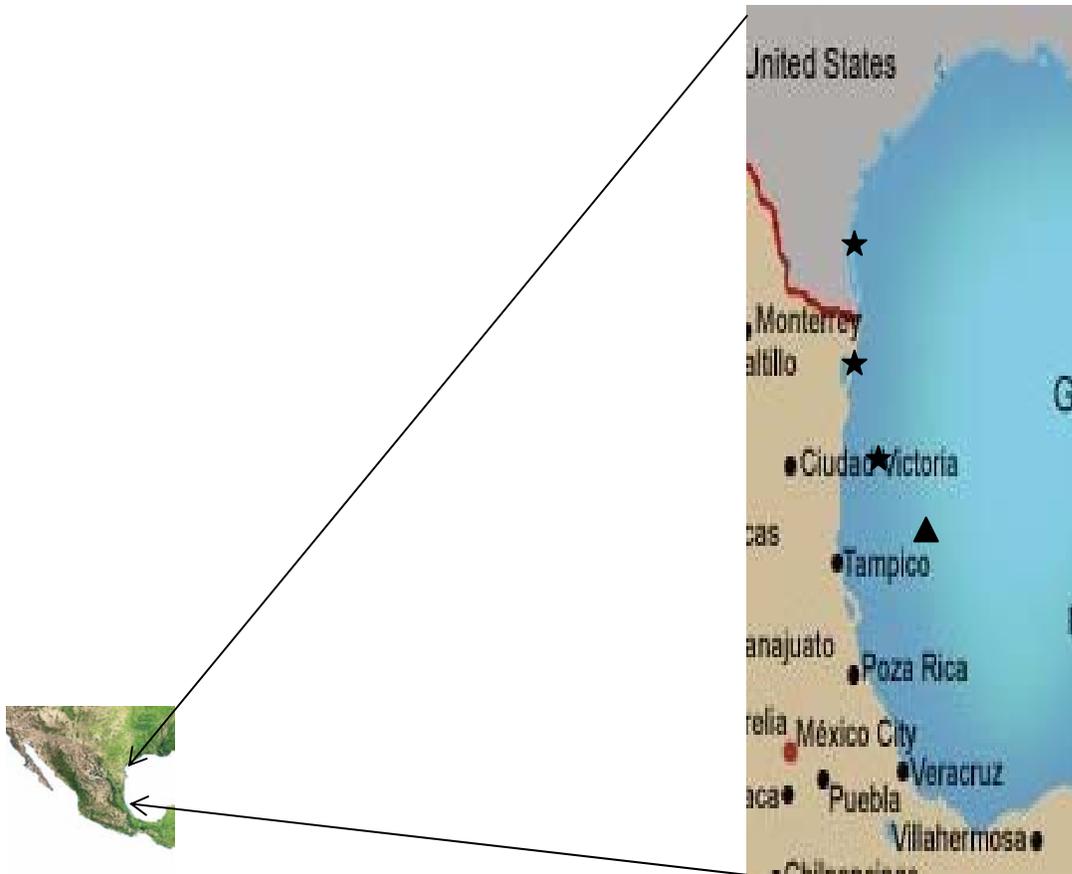


Fig.5.3. Probables distribución de *Ptychodiscus brevis*(★); mortalidad de peces(▲)

5.4 Mar Caribe:

Esta región es prácticamente desconocida en lo que se refiere al fitoplancton y marea roja. Pero ya se ha reportado la presencia de *Gymnodinium brevis*. Además existen reportes

que mencionan que la ciguatera es potencialmente peligrosa debido al poco conocimiento de la fuente de intoxicación no se ha informado de síntomas de envenenamiento. Un estudio reciente ha mostrado la presencia de *Gambierdiscus toxicus* y algunas otras especies de *Prorocentrumn spp.* asociados a la ciguatera.

En esta área existen grandes poblaciones de *Pyrodinium bahamense*, que se encuentra en las lagunas costeras. Y aparentemente no son tóxicas por lo que hace mucha falta en esta zona mantener un monitoreo más constante y estricto. En las costas de Yucatán se ignora todo lo referente a las mareas rojas aún cuando se tienen reportes que datan desde hace ya tres siglos. (Cortez A R, 1995)

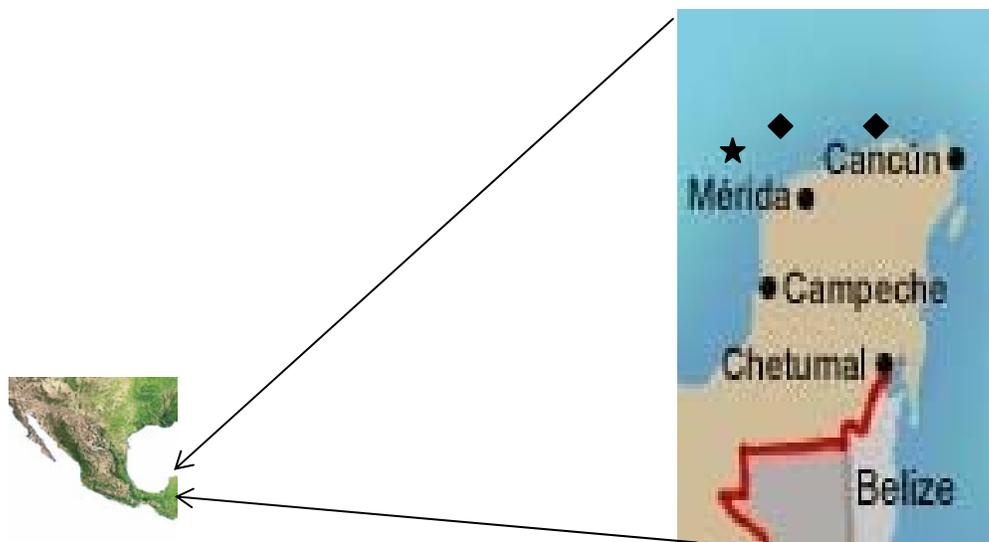


Fig.5.4 Probables distribución de *Ptychodiscus brevis* (★); mortandad de peces.(◆)

5.5 Golfo de California:

Existen datos que datan desde 1539 desde las exploraciones de los españoles y se le conocía entonces como Mar Bermejo, actualmente se ha discernido que en el Golfo de California las mareas rojas son muy comunes detectándose 7 zonas con alta frecuencia. Debido a su coincidencia con zonas de urgencia a saber Mazatlán, Mochis, Topolobampo, Guaimas, Yavaros y Kino y la zona norte de la Isla Ángel de la Guardia. Se ha concluido que es el ciliado *Mesodinium rubrum* la especie más común en las mareas rojas sin embargo se detectaron cerca de nueve especies dominantes y secundarias en la bahía de Mazatlán

La costa oeste del Golfo de California es menos conocida y solo se tienen algunos registros esporádicos donde el principal componente es *Noctiluca scintillans* encontrando por ejemplo en Isla del Ángel G. cerca de tres millones de células/lt. Para 1939 en la región más interna se observó la presencia de *Gymnodinium catenatum* considerada la principal especie tóxica del Golfo de California. Por lo que se considera que esta especie está ampliamente distribuida en el Golfo.

En lo que respecta a los envenenamientos de tipo paralítico (PSP) únicamente se han registrado en la bahía de Mazatlán, sin embargo existen otros reportes que hacen pensar que hay otras regiones posiblemente contaminadas con moluscos que consumieron la toxina.

Aunque se han registrado muchos casos y algunos decesos se piensa que existen muchos otros que no fueron reportados y que pasaron inadvertidos o confundidos con otro tipo de padecimientos.

Esta se manifestó en el 2001 en el Litoral del Golfo de México en Yucatán, Veracruz y Tamaulipas; y en el Pacífico, en las Costas de Oaxaca, Colima, Jalisco y Chiapas; en cuyo lugar, se registró el deceso de una menor e intoxicación de varias personas. (Cortez A R, 1995)



Fig.5.5 Probables distribución de *Gymnodinium catenatum* (★); mortandad de peces. (▲)
; Casos reportados de PSP(◆)

CAPITULO 6

6.1 Plan Nacional:

Se ha descrito en los capítulos anteriores que la marea roja, es un fenómeno natural que se ha ido incrementando en las últimas dos décadas y a la cual estaremos expuestos en los próximos años. De ahí la importancia de establecer un plan y las medidas necesarias para tratar de aminorar los graves efectos nocivos que genera el fenómeno de la marea roja. Considerando que es un fenómeno que está afectando de manera global es importante que cada país dirija sus estudios, así como recursos económicos para empezar de manera interna a generar un plan de prevención de marea roja con el único objeto de aminorar los efectos nocivos a la salud y el golpe a la economía de los pobladores, a si como de las empresas, lo cual se refleja en la economía de el País. (IMSS; 1992)

6.1.2 Plan de acción

Lo más deseable será realizar un programa a nivel continental y tal vez mundial , solo que es mucho más complicado de lo que se puede pensar, relativamente seria más fácil organizarlo a nivel de cada país para poder regionalizar las áreas de mayor importancia y canalizar adecuadamente los recursos humanos para la evaluación, en el caso de México se podrían dirigir los recursos en aquellas zonas que son fuertemente golpeadas por los efectos de la marea roja y dirigiendo menos recursos aquellas zonas en las que solo han sido casos aislados. Es muy importante que para que este plan de contingencia funcione de manera optima el personal que intervienen en ellos esté preparada con la información adecuada y debidamente capacitado al respecto. Definir las áreas de mayor riesgo y contar con el equipo instrumental adecuado.

6.1.3 Estrategias:

Es importante aprovechar la experiencia de algunos grupos de investigación internacionales como es la Intergubernamental Oceanographic Comisión (IOC), (IMSS, 1992) que maneja en sus programas tres elementos:

- científico
- operacional
- educacional.

Bajo este panorama el elemento educacional adquiere a nivel de país en vías de desarrollo mucha importancia ya que a nivel internacional se han preocupado por impartir información y cursos de capacitación a personal profesional en el área, que se encargaran de el estudio en dichos países; sin embargo en los países en desarrollo incluyendo México esto es muy difícil, ya que la mayor problemática es que quienes se encarga de la prevención y control a través de protección civil en la localidad afectada en muchas ocasiones no tiene los conocimientos en el área de ahí la importancia de establecer la información precisa para que ellos puedan actuar ante la presencia de la marea roja.

Por lo tanto es importante que los países en vías de desarrollo realicen también cursos de actualización haciendo énfasis en la definición del fenómeno, en las especies de microalgas locales que son tóxicas o potencialmente peligrosas, en su distribución y en las áreas de mayor exposición a estos fenómenos. Así se tendrá un panorama fiel de la preparación del personal adecuado para evaluar las mareas rojas u otros florecimientos algales. Además aunque los grupos de expertos divulguen estos fenómenos y sus consecuencias a nivel internacional, aún es sumamente importante que cada país elabore su propio manual sobre el fenómeno. Donde se muestre las áreas de mayor riesgo y las especies tóxicas. Considerando que la distribución de especies es muy distinta en cada país.

El elemento científico implica el fomento de grupos de investigadores multidisciplinarios e interinstitucionales entre los gobiernos de las diferentes naciones, con el objeto de mantener un modelo comparativo de la biología y ecología de las microalgas dañinas y principalmente sobre la metodología, los estándares y la intercalibración de las diferentes técnicas usadas en la evaluación de las toxinas así de esta manera es importante que cada país en vías de desarrollo mantenga una estrecha relación con los expertos e investigaciones de punta ya que de esto dependerá el éxito de los programas a nivel mundial.

Red Nacional e Internacional de Monitoreo.

El elemento operacional se basa fundamentalmente en la vigilancia de algas nocivas y obviamente en el establecimiento de sistemas de observación oceánico global. Pero para que esto funcione, el recurso humano y técnico debe estar capacitado es decir un personal

multidisciplinario o considerando que el estudio de las mareas rojas implica nociones de identificación taxonómica de las especies de fitoplancton; químicos que evalúen la hidroquímica, nutrientes y toxinas; oceanólogos y físicos marinos con conocimientos de corrientes, médicos que registren cuadros clínicos de los envenenamientos pero lo más importante es que se deben tener un conocimiento previo del área geográfica donde verter o suministrar todo este bagaje implica por lo tanto el desarrollo de una red nacional de monitoreo en cada país, coordinada por expertos a nivel internacional, de tal forma que se pueda llegar a tener una Red Internacional de Monitoreo que pueda conocer los cambios estacionales del fitoplancton así como las proliferaciones de algas nocivas y las causas que lo fomentan.

6.2 Criterios a considerar en caso de marea roja.

Hay dos aspectos a considerar cuando aparece una marea roja: el primero es cuando la región donde se produce no cuenta con personal capacitado ni los elementos para su evaluación. El segundo es cuando si se tienen los elementos para la evaluación. En ambos casos la presencia de una marea roja es casi siempre reportada por pescadores que observan la coloración del mar o la presencia de una gran cantidad de peces muertos. Ante este hecho, la primera acción a tomar en cuenta es verificar la magnitud de dicha mancha así como su extensión y acudir a un fitoplanctólogo es lo recomendable con una muestra de la agua contaminada con marea roja esta acción por muy simple que pueda parecer es decisiva en la notificación e identificación de la especie para poder decidir si existe algún riesgo en la contaminación del molusco bivalvo. Sin embargo en la mayoría de los casos no hay avisos de presencia de manchas rojas ya que por lo general pasan inadvertidas y comienzan a detectarse por casos masivos de personas intoxicadas por el consumo de ostiones, almejas o mejillones de la zona.

A este grado, aunque se detecten los niveles de toxina, lo más adecuado es evitar que los pobladores del área consuman los mariscos, es imprescindible la veda. También es importante localizar el foco o el origen de la contaminación averiguando entre los lugareños donde fue que consumieron el alimento y a la mayor brevedad posible evitar su diseminación.

Aunque estas acciones, no serían muy adecuadas en la práctica, esto es debido a que en la mayoría de los casos no existe un personal capacitado para identificar la especie responsable de la marea roja de manera concreta dando una falsa alarma en ocasiones cuando la especie es inocua dañando de manera innecesaria la economía pesquera y en ocasiones el turismo.

Si la especie es identificada de manera correcta y resulta ser toxica en ocasiones no basta para catalogarla como peligrosa habrá que considerar la concentración o la densidad en la que se encuentra. Este conocimiento de la abundancia se debe considerar estimativo, cuando no se tiene otro elemento que este disponible y solo la experiencia podrá atestiguar la exactitud de lo dictaminado.

El factor tiempo es básico para determinar una posible bioacumulación y por lo tanto un mayor riesgo de contaminación en los moluscos bivalvos. Se ha observado por ejemplo que la mayoría de las mareas rojas son de poca duración de 1 a 2 días la presencia de más de 5 días requerirá de mayor seguimiento y observación dado que en pocos días puede ser sustituida la especie teniendo el riesgo de pasar de inocua a tóxica.

Es importante tener presente que se debe llevar un registro anotando la magnitud de el fenómeno, las áreas afectadas, el tiempo de permanencia de la especie dominante, las personas afectadas o si hubo mortandad de especies marinas. El registro de estos datos es útil para poder establecer cierta periodicidad o poderla relacionar con algún otro evento natural. De cualquier manera predecir el periodo en el que se presentan con mayor frecuencia estos fenómenos es como ir un paso adelante en cuanto a su predicción y estudio detallado.

6.3 Propuesta de acción para protección civil.

Debido a que el grado de toxicidad de cada tipo de evento, depende directamente de las especies predominante que lo ocasionan, tomando en consideración el gran riesgo para la salud pública que representan los envenenamientos por biotoxinas marinas y sus efectos en la industria pesquera y el turismo. Es necesario implantar un Plan de Contingencias para el control de las biotoxinas marinas, con la participación y cooperación de un grupo multi institucional. En ese sentido, repropone que el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB) será el responsable de llevar a cabo las medidas necesarias para prevenir y disminuir los casos de intoxicación en seres humanos a través del Comité Central y los Comités Estatales; colectando y analizando los datos y toda aquella información necesaria y relacionada con los fenómenos de marea roja, misma que puede presentarse en todas las costas del país. (COFEPRIS, Gob.mx)

Ejecución del plan.

6.3.1 Sistema de alerta temprana

6.3.1.1. Por observación directa

La presencia de aquellas evidencias comúnmente asociadas con la marea roja, deberán ser comunicadas por cualquier dependencia involucrada en el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos a la COFEPRIS; órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud a nivel Central.

La comunicación también puede ser originada por pescadores, acuicultores, inspectores de campo de cualquier otra dependencia, miembros de la comunidad académica y otros miembros de la sociedad (público en general).

a) Fenómeno a observar

Manifestaciones directas y claras asociadas, tales como la muerte masiva de peces y aves, coloración del agua o comportamiento animal marino anormal.

b) Niveles máximos permisibles

Para el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos, los límites máximos permisibles para toxinas o fitoplancton en moluscos bivalvos son los señalados en la tabla que a continuación se presenta:

Tabla 6.3.1 Parámetros para algunas toxinas.

TOXINA	CONCENTRACIÓN
ácido domoico	20 ppm
saxitoxina	80 µg/ 100 g de carne
brevetoxina	No detectable
<i>kerenia brevis</i>	5000 células / L

Estos son los valores definidos por la secretaria de salud, como se puede observar en esta tabla se muestran datos para las toxinas con un mayor efecto nocivo para la salud; no están todos por lo que es necesario, que en el futuro se coordinen las instituciones correspondientes para definir los valores para la mayoría de las toxinas generadas en la marea roja.

c) Dependencias involucradas.

El fenómeno de marea roja debe ser atendido por las dependencias involucradas en el sistema de sanidad de molusco bivalvo, cuyas funciones serán atribuidas por el mismo, para cada institución. Cabe señalar que las dependencias directamente involucradas son la Secretaría de Salud y SAGARPA, tanto a nivel Estatal como a nivel Federal.

Las dependencias de cada estado, incluyendo en éstas a Protección Civil, deberán coordinarse con el Comité Estatal correspondiente y deberán responsabilizarse de lo siguiente:

- (1) Los Servicios de Salud de los Estados presidirán a todas las otras dependencias involucradas, por lo que Protección Civil se pondrá a disposición de esta dependencia.
- (2) Dictarán las medidas técnicas para el control de la pesca, lo cual incluye la prohibición de venta, el aseguramiento y la sanción de quienes hayan incumplido.
- (3) Coordinar el soporte técnico y científico, así como el muestreo y transporte de las muestras destinadas a los laboratorios autorizados para su análisis, para lo cual habrá que definir cuales son estos laboratorios.
- (4) Designar oficiales locales en aquellos sitios donde se ha detectado marea roja, los cuales pueden ser los directores del centro de salud o bien, un representante de los Servicios de Salud del Estado, los cuales serán responsables del cumplimiento de las medidas de control aplicadas durante y después del fenómeno.

- (5) Informar al Comité Central de las acciones, actividades y decisiones ejecutadas a nivel local y estatal.
- (6) Expedir las alertas sanitarias de difusión necesarias a nivel de comunicación local, labor importante por parte de protección civil.
- (7) Dictar las medidas y los tratamientos urgentes a aplicar en el sector médico en caso de Intoxicación.
- (8) Expedir el reporte epidemiológico conducente en caso de intoxicación en humanos. Con la firme intención de mantener un archivo actual, al respecto.

d) Procedimientos para prevenir la intoxicación de la población.

Tan pronto como una marea roja haya sido detectada, se seguirá el siguiente procedimiento:

Tanto los Estados como los productores que tengan conocimiento o evidencias de este tipo de eventos deberán establecer inmediatamente un cierre precautorio de las áreas afectadas.

Si las evidencias se confirman a través de los análisis tanto de agua como de producto, la COFEPRIS deberá establecer la prohibición sanitaria, la cual incluye no permitir la cosecha de producto en coordinación con SAGARPA. También impedir la movilización del producto tanto en Territorio Nacional como del Internacional. Cerrar la frontera hasta que la Secretaría de Salud a través de la COFEPRIS determine que el problema ha sido totalmente resuelto, basada en los resultados derivados de los procedimientos analíticos; los cuales deben demostrar que los parámetros son aquellos que han sido establecidos en la Tabla 6.3.1

6.3.1.2 Monitoreo de rutina.

Bajo condiciones normales, las muestras de productos deberán tomarse del área de cultivo Mensualmente, con el objeto de realizar los análisis correspondientes, mientras que para agua, el muestreo debiera llevarse a cabo dos veces por semana para el monitoreo de fitoplancton.

6.3.1.3 Diagrama del flujo de información.

Para toda la información previamente anteriormente explicada, cuyas acciones que se llevan a cabo durante condiciones normales, específicamente en ausencia de marea roja. El diagrama de flujo 6.3.1.3 muestra de una breve forma las acciones a realizar.

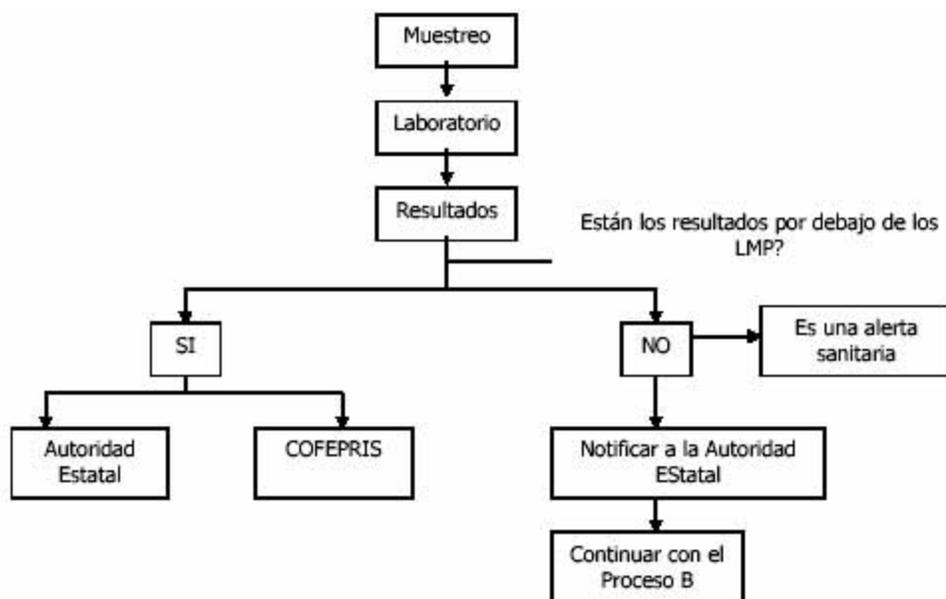


Fig. 6.3.1.3 Diagrama de flujo de la información.

6.3.2 Evaluación de la severidad del problema.

Criterio de cierre.

Una vez que el análisis del producto (tanto centinelas como aquellos destinados para consumo humano) muestre que los niveles de biotoxinas especificados en la tabla 6.3.1 o bien que los niveles del agua muestreada sean iguales o superiores. Será del conocimiento público el estatus actual del área de cultivo. Se requerirá de una frecuencia de muestreo mayor, tal como se señala en el diagrama de flujo del procedimiento B, que aparece más adelante, el cual deberá llevarse con objeto de conocer el comportamiento del fenómeno.

Alcance y Extensión de la toxicidad.

Desde el momento en que el problema sea detectado en sus inicios, la COFREPRIS coordinará el muestreo de las áreas, en colaboración con los productores y todas aquellas dependencias involucradas en el Comité Estatal del PMSMB. El muestreo intensivo deberá continuar hasta que los niveles vuelvan a parámetros de inocuidad.

Criterios de reapertura de un área.

Se mantendrá el área cerrada hasta que se haya determinado durante 20 días consecutivos que los niveles de biotoxinas en moluscos bivalvos no son una amenaza para la salud pública. La Autoridad

calificada para evaluar el criterio de reapertura de áreas será únicamente COFEPRIS. El ordenamiento de la reapertura de una área se llevará a cabo bajo la existencia de un documento dirigido a los Servicios de Salud del Estado correspondiente. Los Servicios de Salud del Estado deberán informar de este ordenamiento a los productores también. La Secretaría de Salud Federal acordará la renovación de las exportaciones, en forma tal que de exista la garantía de que la salud pública no se encontrará subordinada por las consideraciones económicas de cualquier índole.

Procedimiento B.

Este procedimiento deberá llevarse a cabo por las Autoridades del Estado afectado, una vez que haya surgido una alerta sanitaria.

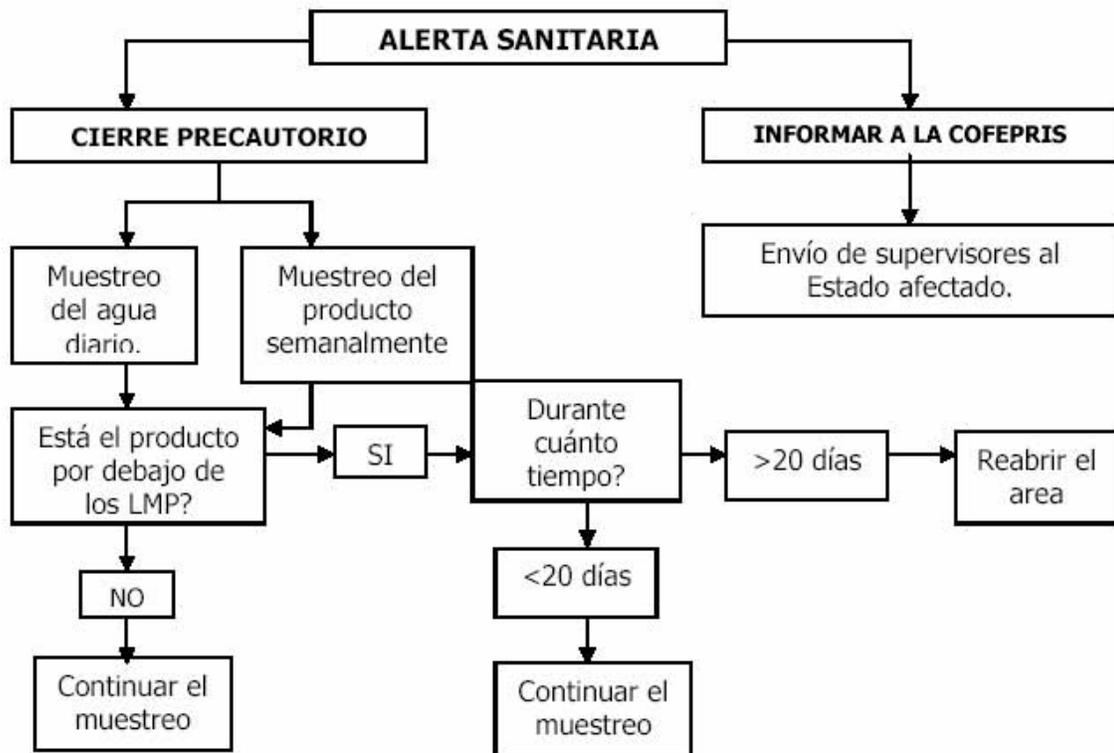


Fig.6.3.2 Procedimiento B.

6.4. Prevención del consumo de producto contaminado.

Procedimientos para diseminar la información en la industria.

SAGARPA, por conducto de la Delegación Federal correspondiente; una vez que la SSA lo haya determinado, deberá comunicar a la CANAINPESCA sobre el problema, a efecto de decidir sobre las medidas a aplicar, con la finalidad de resolverlo.

Procedimientos para diseminar la información en el comercio

La COFEPRIS, en coordinación con el Gobierno del Estado, procederá a informar a los restaurantes, vendedores al mayoreo y menudeo y a los servicios de turismo, sobre el problema y las medidas que se hayan decidido aplicar.

Procedimientos para diseminar la información opinión pública en general

Los Servicios de Salud del Estado serán los responsables de la información que se difunda, así como su impacto en el público, utilizando medios de comunicación masivos a nivel local y regional, tales como TV, radio, periódicos, avisos en mercados públicos y comercios especializados.

6.5 Información histórica para archivar.

Archivo de datos

Toda la información relacionada con este tipo de fenómenos deberá concentrarse en el archivo central a nivel Federal por la COFEPRIS y los Servicios de Salud del Estado. La información deberá estar disponible para la operación del Comité Central del PMSMB.

Para el análisis

La información histórica o actual será analizada por las dependencias involucradas en los Comités Centrales y Estatales, o bien, por la academia, investigadores o institutos de investigación, previo acuerdo con el Comité Central.

CAPITULO 7

7.1 Técnicas de cuantificación de toxinas

La primera técnica analítica para la detección de biotoxinas marinas se desarrolló mediante la aplicación de bioensayos en ratón con la finalidad de verificar la afectación de los moluscos bivalvos por toxinas tipo PSP durante los eventos de marea roja. La técnica fue reconocida oficialmente por la Association of Official Agricultural Chemists en el año de 1960. Actualmente con el aislamiento y purificación de la saxitoxina el bioensayo en el ratón ha sufrido modificaciones para poder ser cuantificado con mayor precisión y exactitud por lo que la UCLA se acepta todavía como una técnica estandarizada.

Los investigadores en este campo, al contar ya con las sustancias tóxicas purificadas de las mareas rojas están desarrollando otras técnicas alternativas de análisis respecto al método tradicional como: técnicas fluorimétricas basadas en el proceso de oxidación de la toxina (saxitoxina) originando derivados fluorescentes, es un método de sensibilidad regular para la saxitoxina pero muy poco sensible para la neosaxitoxina y *Goniatoxinas*; técnicas cromatográficas aplicando la cromatografía de líquidos de alta resolución acoplado a detectores fluorescentes y las técnicas inmunológicas que se estaban desarrollando por métodos radionucléuticos e inmunoenzimáticos; algunas de estas técnicas se aplican como procedimientos rutinarios en programas de monitoreo como es el caso de Canadá, Japón y Estados Unidos, entre otros (AOAC, 1990)

7.2 Bioensayo en ratón.

En México el bioensayo en ratón se aprobó como método de prueba dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias a partir de 1995 sin embargo, a las técnicas alternativas están en procesos de instalación de algunas instituciones oficiales y centros dedicados a la investigación.

ESPECIFICACIONES LÍMITE MÁXIMO.

Toxinas de *Ptychodiscus brevis* 20 UR/100g en carne

Saxitoxina, veneno paralizante de moluscos 80 µg/100g en carne

Acido domoico 20 µg/g en carne

METODOS DE PRUEBA

1. Procedimiento de Bioensayo para Toxina Paralizante en Moluscos Bivalvos.

(Precaución: Use guantes de hule, cuando manipule materiales que puedan contener toxina paralizante de los moluscos).

7.2.1 Equipo:

Homogenizador

Báscula con sensibilidad de al menos 0.5 g

Parrilla eléctrica

Centrífuga

Potenciómetro

Cronómetro

Vaso de pp de 1000 mL

Probeta graduada de 200 mL

Matraz volumétrico de 100 mL

Matraz Erlenmeyer de 100 mL

Agitador de vidrio y plástico.

Jeringa desechable con aguja de 26 mm(para insulina)

7.2.2 Reactivos:

Ácido clorhídrico concentrado

Ácido clorhídrico 0.1 N (dil. 8.3 mL de HCl concentrado en 1 Lt de agua destilada)

Ácido clorhídrico 0.5 N (dil. 41.7 mL de HCl concentrado en 100 mL de agua destilada)

Hidróxido de sodio 0.1 N (Disolver 4.0 g de NaOH en 1 Lt de agua destilada)

7.2.3 Materiales:

a) Solución estándar de saxitoxina (100 µg/mL), esta solución se encuentra acidificada con HCl al 20% como preservador y es estable por un tiempo indefinido si se mantiene en una temperatura baja se puede guardar en un recipiente guardado herméticamente a temperatura de refrigeración normal para impedir la evaporación y mantener la estabilidad.

b) Solución de referencia de saxitoxina (1 µg/mL)

Preparar la solución de referencia de veneno paralizante (1 µg de saxitoxina/mL) tomando 1,0 ml de solución estándar en matraz volumétrico de 100 ml, llevar al volumen con agua destilada acidificada con HCl (pH=3). Esta solución es estable por varias semanas si se guarda a 3 o 4 °C y el pH está entre 2,0 y 4,0.

c) Ratones, emplear ratones machos albinos, sanos, cepa Webster Suiza, con un peso de 19 a 21 gramos. Los animales que pesan de 17 a 19 y de 21 a 23 gramos también pueden ser utilizados en ausencia de animales con el rango de peso deseado. No reusar ratones sobrevivientes.

Estandarización de bioensayo

Se lleva a cabo para actualizar la estandarización del factor de conversión de las unidades ratón a µg de saxitoxina.

Diluir alícuotas de 10 mL de la solución de referencia con 10, 15, 20, 25 y 30 mL de agua, respectivamente. Posteriormente inyectar 1 mL de cada dilución por vía intraperitoneal a unos cuantos ratones de prueba. La mediana del tiempo de muerte debe estar entre 5 y 7 minutos, el pH de las diluciones debe estar entre 2 y 4, en ningún caso debe ser mayor a 4,5.

Probar diluciones adicionales con incrementos de 1 mL de agua destilada. Por ejemplo, si la alícuota de 10 mL diluidos con 25 mL de agua mata a los ratones en 5 a 7 minutos, preparar soluciones 10 + 24 y 10 + 26.

Inyectar a un grupo de 10 ratones con 2 diluciones (de preferencia 3) que estén dentro del tiempo entre 5 a 7 minutos. Aplicando dosis de 1 mL por vía intraperitoneal a cada ratón. Registrar el tiempo de inyección y de muerte lo más aproximado posible a intervalos de 5

segundos, si se registran 7 segundos, redondear a 5 segundos y si se registran 8 segundos redondear a 10 segundos. El tiempo de muerte es el tiempo transcurrido entre el término de la inyección y el último jadeo del ratón.

Para la estandarización final pesar y anotar el peso de los 10 ratones, aproximando hasta 0,5 gramos e inyectar cada uno con un mL de 2 o 3 diluciones de preferencia que provoquen la muerte en una mediana de tiempo de 5 a 7 minutos. Anotar los tiempos de muerte. Si más ratones de un grupo de 10 sobrevive a la inyección de una dilución particular de la solución de referencia, repetir la inyección en un nuevo grupo de 10 ratones. Antes de proceder a realizar la prueba. Con el segundo grupo, investigar las variables de procedimiento que pudieron haber provocado los resultados iniciales tales como filtración, derrame de la mezcla inyectada en el ratón o el no haber inyectado el volumen completo de la solución estándar. Repetir la prueba uno o dos días después a partir de una nueva solución estándar de trabajo usando las diluciones que difieren por incrementos de 1 mL. (IMSS, 1992)

7.3 Cálculos

Determinar la mediana del tiempo de muerte de cada grupo de 10 ratones usados con cada dilución. Descartar los resultados para cada grupo de 10 ratones que den una mediana de muerte menor de 5 o mayor de 7 minutos, si cualquier grupo de 10 ratones da una mediana de tiempo de muerte en el intervalo de tiempo mencionado, incluir todos los grupos de 10 ratones usados para que los cálculos de la dilución subsecuente o algunas muertes caigan en el rango deseado.

Usar los tiempos de muerte por cada ratón de cada grupo, en el cual la mediana de tiempo de muerte quede entre 5 y 7 minutos, determinar las Unidades Ratón correspondientes a partir de la tabla de Sommer's **Tabla 7.3.1**

Con el peso de cada ratón se determinará el factor de corrección en la tabla de correcciones de pesos de ratones **Tabla 7.3.2**. Multiplicar las Unidades Ratón por el factor de conversión del peso para determinar los valores para las Unidades Ratón corregidas por mL de diluciones seleccionadas, dividir los μg de toxina/mL calculados en las diluciones seleccionadas por las URC asociadas, para obtener el factor de conversión (FC). Calcular el promedio de FC individuales, el valor resultante es útil para verificar los ensayos de rutina, este valor representa los microgramos de veneno equivalentes a una UR.

Los valores individuales del FC obtenidos en el laboratorio, pueden variar significativamente si no existe un control absoluto de la técnica. Por lo regular el uso de estándares de referencia o estándares secundarios, depende del volumen de ejecución del trabajo de ensayo.

Para facilitar el desarrollo de la técnica de estandarización en el laboratorio se ha realizado un diagrama de flujo que se muestra en la **Fig. 7.3**

ESTANDARIZACION DEL METODO DE BIOENSAYO

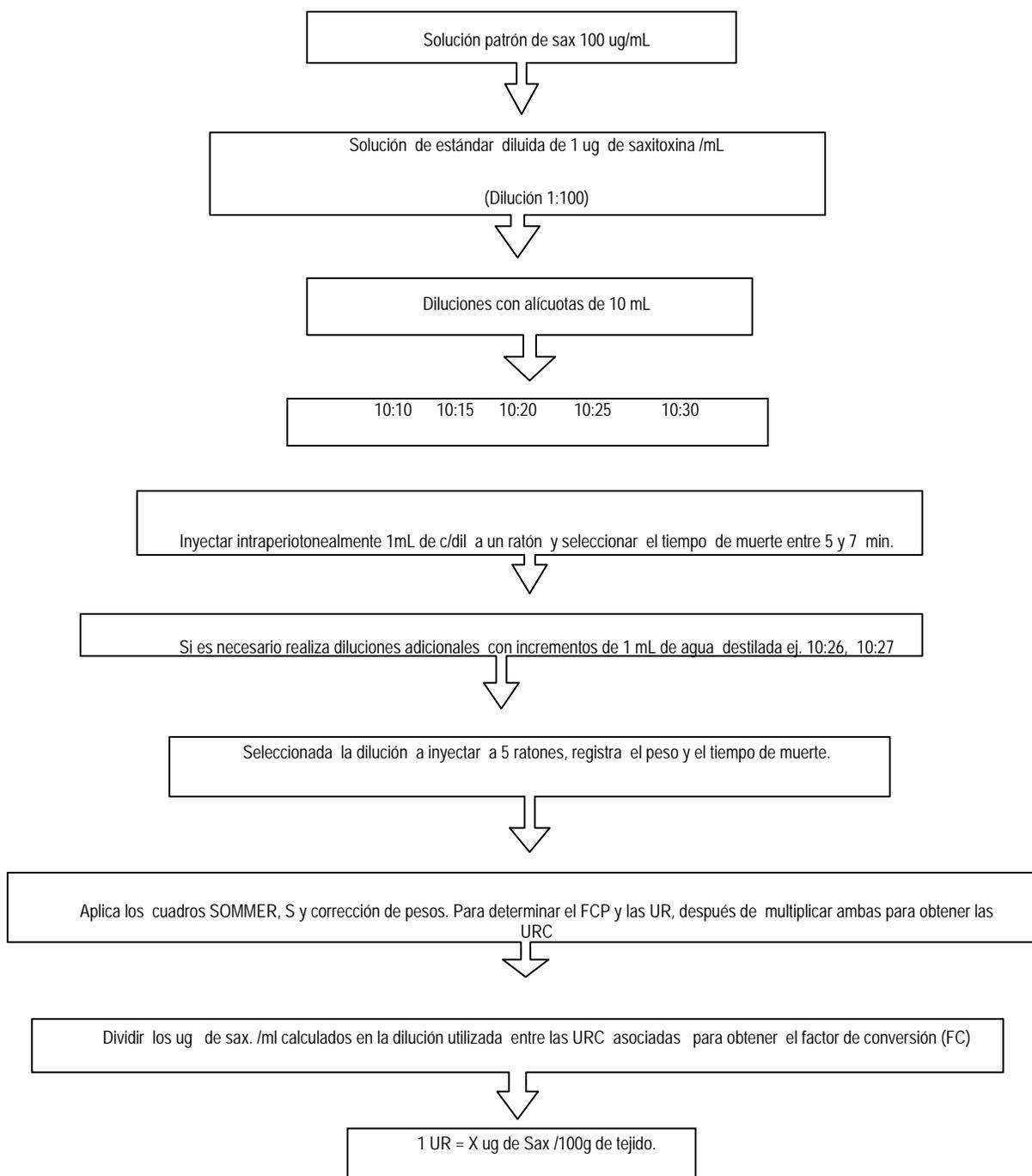


Fig 7.3 Diagrama de flujo de la técnica de estandarización del bioensayo en ratón. ug = microgramos; FCP = factor de corrección de peso; UR = unidades ratón; URC =unidades ratón corregida.

7.4 Uso de estándares en el ensayo de rutina de moluscos bivalvos.

Verificar los valores del FC periódicamente como sigue: Si los moluscos son analizados menos de una vez a la semana, determinar el valor del FC cada día que el ensayo sea ejecutado, inocular 5 ratones con una dilución apropiada de la solución estándar. Si los ensayos se realizan durante varios días a la semana, verificar solamente una vez por semana la dilución cuya mediana de tiempo de muerte cae entre 5-7 minutos. El FC así determinando deberá quedar dentro de $\pm 20\%$ del FC estándar predeterminado.

Si los resultados no concuerdan, verificar el FC sobre una base de 10 ratones formado por la adición de 5 ratones inoculados con la misma dilución de solución estándar de saxitoxina e incluir los resultados a los 5 ratones originales. Inocular un segundo grupo de 10 ratones. Los factores de conversión promedio obtenidos de los dos lotes de 10 ratones representa el nuevo valor del FC. El promedio de valores del FC obtenidos de los 6 grupos de 10 ratones representan un nuevo valor de FC.

Repetir la verificación de los valores de FC de manera que los resultados sean consistentes dentro del $\pm 20\%$. Si se encuentran grandes variaciones, investigar la posibilidad de controlar y reconocer otras variables que afectan al método antes de proceder con los análisis de rutina.

7.5 Colecta y preparación de muestras para su análisis

Al coleccionar y trasladar las muestras de moluscos bivalvos, proporcionar la especie y el nombre común, la descripción del mismo, incluyendo la fecha y el lugar de la colecta. El área en donde se cosecho, fecha y el tiempo de cosecha así como las condiciones de almacén. En el caso de que la muestra sea obtenida directamente de los mercados esta información no se puede obtener directamente por tal motivo, el embarque debe estar identificado con la fecha de salida, tiempo y lugar de cosecha o zona de explotación.

Identificar los empaques individuales de moluscos bivalvos y utilizar las mismas anotaciones sobre el formato descriptivo que acompaña a la muestra. (IMSS, 1992)

7.5.1 Colecta de moluscos con concha, frescos y congelados

Equipos y permisos, los métodos para coleccionar moluscos varían con la especie y localidad por regla general los pescadores han desarrollado equipos económicos y eficientes para la captura comercial de moluscos.

Recipiente de muestreo; coleccionar las muestras de moluscos en recipientes estériles. Usar recipientes a prueba de agua, durables y resistentes a la acción cortante de la concha durante el transporte son recomendables los botes de hojalata con tapa, bolsas de papel impermeable, recipientes de cartón encerado o bolsas de plástico.

Guardar las muestras de moluscos en un almacén seco a 10°C o menos, sobre hielo hasta que sean examinadas. No dejar en contacto directo con el hielo y no congelar las muestras es recomendable.

Tamaño de muestreo.

El tamaño de la muestra está determinado por las especies de moluscos bivalvos que serán analizados generalmente como mínimo 20 piezas de moluscos es suficiente ya que permite la selección de 10 organismos enteros para el desconchado.

En la mayoría de las especies este número rinde aproximadamente 200 g de tejido y licor de la concha. Se pueden utilizar menos moluscos por muestra siempre y cuando los resultados de laboratorio arrojen que se obtienen resultados comparables. Cuando se analizan moluscos bivalvos de talla menor, como los mejillones es necesario realizar una mayor colecta como muestra para poder obtener la misma cantidad de tejido desconchado.

De algunas especies de moluscos como es el ostión del pacífico o la almeja de playa, con 10 organismos se logra obtener más de 200 g de tejido desconchado en esos casos es recomendable el uso de varios organismos.

A menos que los moluscos frescos con concha no se puedan analizar rápidamente, se deben desconchar en el campo, como se indicó anteriormente y preservar entre 150 y 200 g de tejido drenado en 150 o 200 mL de HCl 0.1 N (dil. 1:1 peso/vol) proteger la muestra acidificada de filtraciones y refrigerar hasta que de inicio el análisis.

7.5.2 Preparación de la muestra

a) Almejas, ostiones y mejillones

Lavar los moluscos bivalvos con agua potable retirando la arena y cualquier material extraño. Desconchar la carne con cuidado, sin lesionar el cuerpo del molusco. Colectar aproximadamente 150 gramos de carne sobre un tamiz del número 10 y dejar escurrir durante 5 minutos. Descartar las conchas, moler la carne en una mezcladora o licuadora hasta la homogenización.

b) Escalopas

Separar la porción comestible (músculo aductor) y solamente aplicar la prueba para esta porción sola. Drenar y moler como en (a).

c) Moluscos bivalvos enlatados

Transferir el contenido de la lata en la licuadora; para obtener una mezcla homogénea. Para latas grandes, drenar la carne y colectar. Determinar el peso de la carne y el volumen del líquido. Recombinar las porciones de cada una en cantidades proporcionales. Licuar hasta homogenizar.

d) Carne de molusco preservada en ácido

Drenar la solución ácida de los moluscos y conservar ambas fracciones, moler la carne hasta una mezcla homogénea.

7.6 Extracción de PSP

Pesar 100 gramos de carne homogeneizada en un vaso de precipitado de 1 Lt previamente tarado (pesado).

Agregar 100 mL de solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,18 N como solución conservadora, agitar y verificar, el pH deberá estar entre 2 y 4, de preferencia 3. Si fuera necesario se puede ajustar agregando una gotas de HCl 5N o NaOH 0.1N agitando en todo momento con el objeto de evitar que se mantenga una alcalinización local lo cual destruye a la toxina.

Calentar la mezcla, hervir 5 minutos y dejar enfriar a la temperatura ambiente. Ajustar la mezcla enfriada a un pH 2,0-4,0 (nunca mayor a 4,5), verificar el pH con indicador universal BDH, azul de fenol, papel rojo congo o con un potenciómetro. Para bajar el pH agregar HCl 5 N por goteo, agitando constantemente para evitar la alcalinización local y la consiguiente destrucción de la toxina. Transferir la mezcla a una probeta graduada y diluir a 200 mL.

Regresar la mezcla a un vaso de precipitado, agitar para homogeneizar y dejar reposar hasta que una parte del sobrenadante sea translúcido y pueda encontrarse libre de partículas sólidas capaces de "tapar" una aguja hipodérmica del 26. Si es necesario centrifugar el sobrenadante 5 minutos a 3000 rpm o filtrar por papel. Filtrar sólo la cantidad de líquido necesario para el bioensayo. Guardar en un frasco limpio y herméticamente cerrado. (IMSS, 1992)

7.7 Prueba de bioensayo en ratón

Pesar 3 ratones, anotando el peso para cada muestra que va a ser analizada. Inyectar por vía intraperitoneal cada ratón con 1 mL de extracto centrifugado. Este es el punto crítico del bioensayo. Si las inyecciones no se hacen directamente en la cavidad peritoneal el tiempo de muerte no es reproducible.

Descartar cualquier ratón en donde se pierda o se filtre más de una gota de extracto. Activar el cronómetro en el momento de la inyección y mantener la observación cuidadosamente hasta el tiempo de muerte, que se manifiesta por el último jadeo del animal. Registrar el momento de la muerte de cada ratón, si la mediana de tiempo de muerte es de 5 minutos, diluir el extracto con HCl 0,01 N, e inyectar otro lote de ratones hasta obtener los tiempos de muerte entre 5 y 7 minutos. Si la mediana del tiempo de muerte con el extracto no diluido es mayor de 7 minutos, el dato puede ser utilizado para determinar la toxicidad de la muestra.

Para facilitar el desarrollo en el laboratorio de la técnica de extracción de toxina PSP, se desarrolló un diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 7.7

Cálculo de la concentración de PSP

($\mu\text{g}/100\text{g}$ de carne de molusco)

Determinar la UR/mL de extracto que corresponde a los tiempos de muerte observados de la tabla de corrección de pesos de ratones. Calcular las URC, multiplicando las UR correspondientes al tiempo de muerte de cada ratón por el factor de corrección del peso obtenido en la tabla de corrección de pesos de ratones.

Usar la mediana de los URC/mL de los tres bioensayos para determinar μg de veneno/100g de carne de molusco, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\mu\text{g PSP}/100\text{g carne de molusco} = \text{Mediana URC}/\text{mL} \times \text{FC} \times \text{F Dil.}$$

Ejemplo para el cálculo de la cantidad de toxina en la carne, de PSP, donde el límite determinado por la Secretaría de Salud es de $80\mu\text{g}/100\text{g}$ de carne:

Suponiendo que:

El promedio de tiempo de muerte es de 6 min. las UR serán de 1.54

Si el promedio de peso es de 10.5 g el FCP será de 0.65

Por lo tanto las URC = (UR) (FCP) = 1.001

Si suponemos que la dilución empleada fue de 10:10 tenemos una concentración de $0.01\ \mu\text{g}/\text{mL}$

Entonces el FC = $(0.01\ \mu/\text{mL}) / (1.001) = 0.0099\ \mu\text{g}$ de toxina/ mL URC

En el caso de la muestra vamos a suponer que:

Se diluye la muestra en un volumen de 200 mL

El promedio de tiempo de muerte es de 7 min. por lo tanto las UR serán de 1.35

El promedio de peso es de 10.5 g el FCP será de 0.56

Entonces las URC = (UR) (FCP) = 0.756

Para determinar la cantidad de toxina por cada 100 g de carne, calculamos lo siguiente:

$$\mu \text{ de toxina}/100\text{g de carne} = (\text{URC}) (\text{FC}) (\text{Vol. de dil}) =$$

$$\mu \text{ de toxina}/100\text{g de carne} = (0.756)(0.0099)(200\text{ mL}) = 1.4968\ \mu\text{g}/100\text{g de carne.}$$

Como se observa en el resultado el límite no ha sido sobrepasado.

TABLA DE SOMMER'S.

Tiempo de muerte: relación unidades ratón para toxina paralizante de moluscos. (ácida)

Tiempo de Unidades

Muerte* Ratón

TM*	UR	TM*	UR	TM*	UR	TM*	UR
1:00	100.0	3:00	3.70	55	1.96	30	1.13
10	66.2	05	3.57	5.00	1.92	10:00	1.110
15	38.3	10	3.43	05	1.86	30	1.092
20	26.4	15	3.31	10	1.82	11:09	1.075
25	20.7	20	3.19	15	1.80	30	1.060
30	16.5	25	3.08	20	1.74	12:00	1.050
35	13.9	30	2.98	30	1.69	13	1.030
40	11.9	35	2.88	40	1.67	14	1.015
45	10.4	40	2.79	45	1.64	15	1.000
50	9.33	45	2.71	50	1.60	16	0.990
55	8.42	50	2.63	6:00	1.54	17	0.980
2:00	7.67	55	2.56	15	1.48	18	0.972
05	7.04	4:00	2.50	30	1.43	19	0.965
10	6.52	05	2.44	45	1.39	20	0.960
15	6.06	10	2.38	7:00	1.35	21	0.954
20	5.66	15	2.32	15	1.31	22	0.948
25	5.32	20	2.26	30	1.28	23	0.942
30	5.00	25	2.21	45	1.25	24	0.937
35	4.73	30	2.16	8:00	1.22	25	0.934
40	4.48	35	2.12	15	1.22	30	0.917
45	4.26	40	2.08	30	1.20	40	0.898
50	4.06	45	2.04	45	1.18	60	0.875
55	3.88	50	2.00	9:00	1.16		

Tabla 7.3.1 Tiempo de muerte: unidades ratón relacionadas con PSP.

TM * = TIEMPO DE MUERTE

UR = UNIDADES RATÓN.

*Minutos: segundos

Tabla de corrección de pesos de ratones.

<i>Peso del ratón(g)</i>	<i>Unidades ratón (UR)</i>
10	0.50
10.5	0.53
11	0.56
11.5	0.59
12	0.62
12.5	0.65
13	0.675
13.5	0.70
14	0.73
14.5	0.76
15	0.785
15.5	0.81
16	0.84
16.5	0.86
17	0.88
17.5	0.905
18	0.93
18.5	0.95
19	0.97
19.5	0.985
20	1.000
20.5	1.015
21	1.03
21.5	1.04
22	1.05
22.5	1.06
23	1.07

Tabla 7.3.2 Factor de corrección para el peso del ratón. (FCP)

ANALISIS DE MUESTRAS DE MOLUSCOS

Extracción de la toxina PSP y prueba de bioensayo

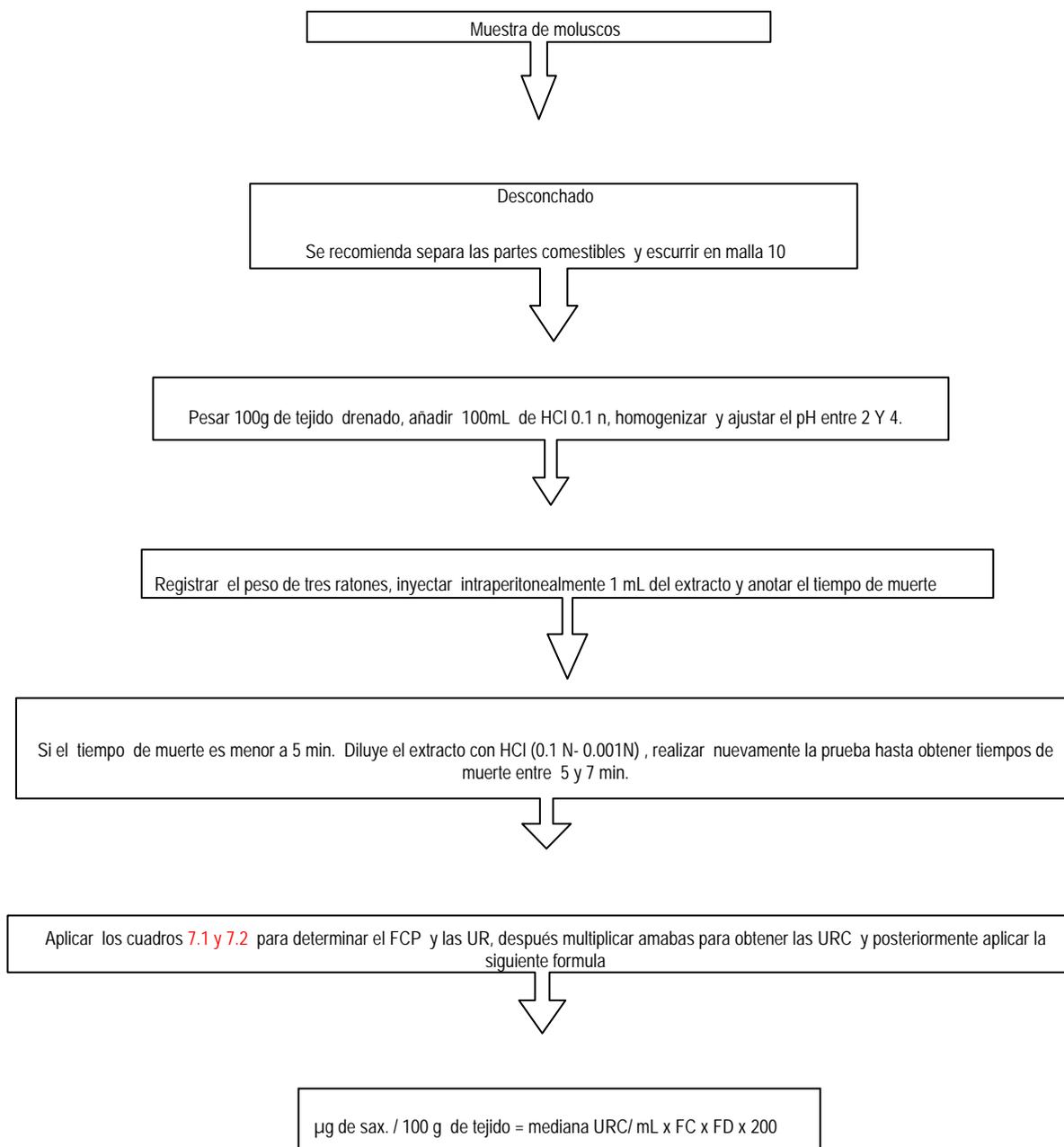


Fig.7.7 Diagrama de flujo. Diagrama de flujo de la técnica de extracción de toxina PSP de molusco μg = microgramos, UR unidades ratón, FCP= factor de corrección por peso, URC= unidades ratón corregida, FC 0 factor de conversión, FD =factor de dilución.

CONCLUSIONES:

Actualmente existen distintas hipótesis respecto a los factores que desencadenan la marea roja, en función de la recopilación de la información se propuso la clasificación de factores, biológicos, antropogénicos y ambientales como las principales causas, en disparar la marea roja en las costas mexicanas. Es importante informar a la población y autoridades de cómo afectan dichos factores, para generar una cultura de conciencia, con el objeto de tratar de disminuir en la medida de lo posible que en el futuro sean cada vez más frecuentes los eventos de marea roja.

Se investigaron y se describieron los principales síntomas generados por la intoxicación debida a las distintas toxinas producidas en la marea roja, es importante mencionar que la sintomatología por el consumo de productos contaminados está condicionada por factores como la cantidad de producto contaminado consumido, la concentración de la toxina en la carne, así como la edad y el sexo, entre otros factores. Se recabaron los principales síntomas con el objeto de apoyar en la identificación de la toxina, al personal responsable en cada región (personal de protección civil) con la única intención de fomentar que cada caso sea identificado y reportado a las autoridades de Salud para comenzar a mantener un estricto control en los reportes por intoxicación en humanos.

También se planteó la división por zonas costeras a lo largo de la República Mexicana con el objeto de ubicar las zonas más afectadas por marea roja e identificar el principal dinoflagelados que se presente en dicha zona, con la intención de dejar un precedente de cuales son las especies de fitoplancton de mayor incidencia en estos puntos, para que en el futuro sirva como antecedente a instituciones como el CENAPRED y que esta institución pueda brindar los apoyos necesarios en caso de petición por parte de los afectados, sin embargo es importante que en los próximos años se promueva el reporte y el seguimiento de la marea roja como precedente para las décadas futuras ya que actualmente no existen reportes suficientes. Por lo tanto resulta necesario establecer un plan nacional de monitoreo de fitoplancton en las zonas de importancia turística y acuacultural, con el propósito de detectar la época de mayor incidencia de marea roja y la especie de microalga responsable, además en aquellas áreas de mayor riesgo se deben implementar técnicas actuales para la cuantificación de fitoplancton dominante y la evaluación de la toxina principalmente en moluscos bivalvos y finalmente divulgar la información por los canales adecuados.

Uno de los mayores problemas es una ausencia total de planes de prevención, en los que se promueva el monitoreo y reporte de marea roja en las costas mexicanas. Por lo que es necesario establecer un Plan Nacional de Monitoreo del fitoplancton principalmente en zonas de importancia como pueden ser las turísticas, con el propósito de detectar la época de mayor incidencia de mareas rojas y la especie de microorganismos responsables.

Como medidas preventiva se recomienda la identificación sanitaria de las zonas de cultivo o áreas de crecimiento silvestre de los moluscos bivalvos, mediante análisis de laboratorio, Es importante tratar de implementar técnicas actuales para la cuantificación y evaluación de las toxinas, ésta es la mejor medida de prevención ya que se evitará la intoxicación que ponga en peligro la salud de los consumidores. Es importante que para que los planes de contingencia funcionen de manera adecuada el personal que intervienen en

ellos deberá estar preparado con la información adecuada al respecto. Definir las áreas de mayor riesgo y contar con el equipo instrumental y humano requerido debidamente capacitado; esto ayudara enormemente a disminuir los estragos generados por la marea roja.

Se presentó la principal técnica de cuantificación de toxinas en México la cual es llevada acabo por la Secretaria de Salud; Es importante señalar que en la actualidad resulta importante que se lleve acabo la identificación con técnicas que sean mucho más sensibles y precisas como son los métodos de análisis por HPLC o análisis por fluorescencia. Es imprescindible que en los próximos años la Secretaria de Salud ponga énfasis en la implementación de técnicas actuales que permitan mantener un control más preciso respecto a la cuantificación de la toxina; mediante la capacitación adecuada del personal encargado de la cuantificación de las toxinas mencionadas anteriormente así como la actualización de las técnicas de mayor precisión.

ANEXO A.

Cada dinoflagelado tiene 2 flagelos:

Uno enrollado en surco transversal que está situado en el centro de la célula como un cinturón. como se muestra en la sig Fig.



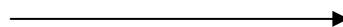
El otro flagelo está colocado en un surco longitudinal, perpendicular al otro y se proyecta más allá de la célula.



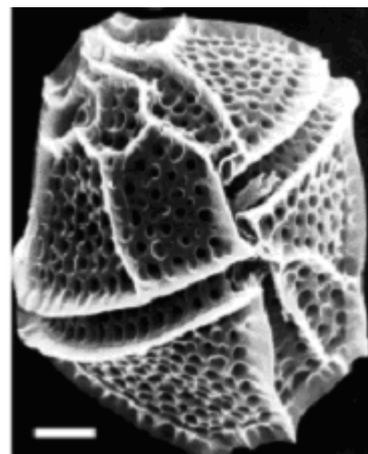
La ondulación de estos flagelos impulsa al dinoflagelado en el agua con un movimiento de trompo giratorio.

Cuenta con una armadura celulósica y formada por dos placas, como se muestra en la fotografía electrónica 10 µm. correspondiente a *Gymnodinium catenatum*.

ceratium



peridium



GLOSARIO:

ABIOTICO: Sin vida ni derivado de seres vivos. Componente sin vida del ecosistema. Lugar en que la vida es imposible.

ABSORBENTES: Chupan el petróleo de una manera semejante a una esponja. Propiedad selectiva del material que debe tener mayor preferencia por el petróleo que para el agua.

ACLIMATACION: Modificaciones compensatorias en un organismo durante su permanencia bajo condiciones de laboratorio. Término utilizado para acondicionar los organismos sometidos a un bioensayo a las condiciones ambientales del laboratorio donde se conducirán a pruebas, generalmente, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto.

ACLIMATIZACION: Similar a aclimatación, sólo que los cambios son bajo condiciones naturales, como estacionales, climáticas o diferencias geográficas.

ACUICULTURA: Actividad que tiene por objeto la producción de recursos hidrológicos organizada por el hombre. Es el cultivo de organismos acuáticos, que incluye peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas.

ADSORBENTES: Atraen el petróleo a superficie pero no chupan o sorben el petróleo dentro de su masa. Son hidrofóbicos en el sentido de que no se adhieren al material ni lo penetran.

ADVECCION: O, movimientos de aguas advectivos, transporte horizontal de masa de agua por corrientes; Acción y efecto de llevar o arrastrar algo. || 2. *Meteor.* Penetración de una masa de aire frío o cálido en un territorio.

AEROBICO: Proceso respiratorio en el cual hay consumo de oxígeno.

AEROBIO: Organismo que tan sólo puede vivir y crecer en presencia de oxígeno.

AFLORAMIENTO: Proceso por el cual se levanta de una baja o una alta profundidad, usualmente con un resultado de divergencia y corrientes fuera de la costa. Ascenso de agua profunda, rica en nutrientes, producido por la acción de vientos regulares a lo largo de una costa.

AFOTICO: Que carece de luz

AGUAS NEGRAS: Así se denomina a las aguas contaminadas con desechos orgánicos humanos.

AGUAS TERRITORIALES: área marítima que circunda los litorales del estado ribereño y que recibe el nombre de mar territorial.

AGUAS SERVIDAS: Aguas que se abandonan una vez usadas, disponiéndolas en desagües, cursos o masas de agua.

AIREACION: Introducción de aire dentro del agua.

ALGA: Planta que vive en el agua o en ambientes muy húmedos. De estructura simple y carece de flores (luche, cochayuyo, huiro).

AMBIENTE: Medio biótico y abiótico que rodea a un organismo. Conjunto de circunstancias y condiciones externas a un organismo.

AMNÉSICA: Pertenece o relativo a la amnesia; Que padece amnesia.

ANAEROBICO: Todo proceso respiratorio que no requiere de oxígeno. No requiere de oxígeno libre para llevar a cabo la respiración.

ANOXICOS: Pobre en oxígeno libre; sin oxígeno libre.

ANAEROBICA, DESCOMPOSICION: Es la descomposición incompleta de la materia orgánica por las bacterias, en ausencia de oxígeno.

ANTIGENO: . Sustancia que, introducida en un organismo animal, da lugar a reacciones de defensa, tales como la formación de anticuerpos.

ANTROPOGENICO: Que es de origen humano, que es producido por el hombre.

APOZAMIENTO: Es la acumulación de recursos hidrobiológicos bentónicos en su mismo medio de vida, ya sea que estén confinados o libres, los cuales han sido removidos y trasladados desde los lugares en donde habitan en forma natural.

ASEXUAL: adj. Sin sexo, ambiguo, indeterminado; Dicho de la reproducción: Que se verifica sin intervención de gametos; como la gemación.

ASIMILACION: Utilización de parte de biomasa o energía que es ingerida o que llega a un organismo.

ASOCIACION: Unidad operacional que agrupa a especies y que se define en base a las especies más conspicuas.

AUTOTROFO: Organismo capaz de sintetizar su propio alimento desde fuentes inorgánicas, como ocurre en la mayor parte de las plantas verdes y algunas bacterias.

AUTORIZACION DE ACUICULTURA: Es el acto administrativo mediante el cual la Subsecretaría de Pesca faculta a una persona para realizar actividades de acuicultura por tiempo indefinido, en aquellas áreas que corresponden al ámbito de competencia de la Dirección General de Aguas.

BACTERIA: Grupo de organismos unicelulares pequeños que carecen de núcleo. Algunas producen enfermedades (las patógenas), mientras que otras son beneficiosas para el hombre.

BAHIA: Entrada de mar en la costa, de amplia área marítima, con profundidad, protección, buen acceso y mareas bajas.

BARRERA FLOTANTE: Dispositivo utilizado para el control de derrames de petróleo, pueden contener y confinar en un área determinada el petróleo derramado. existen varios tipos que por lo general difieren por el tamaño, características estructurales, resistencia a la tensión, material de construcción, flexibilidad.

BATIMETRICO: Que tiene relación con la profundidad y el nivel cero de las mareas.

BATIMETRIA: Rama de los estudios oceanográficos que trata de la medición de la profundidad de los océanos, de los mares y de los lagos.

BENTOS: Organismos que permanecen o están fijados al fondo del mar o de aguas dulces. Comunidades de animales o plantas que viven en el suelo submarino y sobre el mismo, pero en estrecha relación con él.

BIODEGRADABLE: Que se descompone por la acción biológica. Material de residuos que puede ser llevado a sus componentes básicos por acción de las bacterias.

BIOACUMULACION: Efecto biológico pertinente con la capacidad que tiene un tejido vivo para acumular contaminantes, estos pueden ser eliminados o magnificados.

BIOENSAYO: Prueba en la cual la naturaleza peligrosa de una sustancia es determinada por su reacción con un tejido o un organismo vivo.

BIOMASA: Cantidad de materia viva. Es la cantidad de materia en los organismos por unidad de superficie o volumen expresado en unidad de peso, masa de material viviente. Es la cantidad de materia en los organismos por unidad de superficie o volumen expresada en unidad de peso. Cantidad total de material vivo de un cuerpo de agua particular.

BIOSFERA: Corresponde a toda la superficie de la tierra que mantiene vida. Es la integración de todos los ecosistemas del planeta.

BIOTICO: Que posee vida o derivado de seres vivos.

BIVALVO: Clase de moluscos filtradores (macha, ostión, cholga).

BLOOM: Término que se refiere a un aumento explosivo de la densidad de los organismos. ("Florecimiento"). Se caracteriza por un aumento cuantitativo notable y localizado de algunas especies de plancton produciendo notables decoloraciones del agua.

CALIDAD AMBIENTAL: El grado en que el estado actual o previsible de algún componente básico permite que el medio ambiente desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra. Este grado no se puede cuantificar; solo se lo califica con fundamentos, a través de un juicio de valor.

CAÑERÍA DE DESAGUE: Aquella cuya finalidad es la de arrojar al mar cualquiera clase de líquidos o materias.

CADENA ALIMENTICIA O TROFICA: Transferencia de la energía contenida en los alimentos, desde su fuente de origen en las plantas, a través de una serie de organismos, cada uno de los cuales devora al anterior y a su vez es devorado por el siguiente. Transferencia de la energía alimenticia a través de una serie de organismos, con muchos pasos de comer y ser comidos.

CAPACIDAD DE CARGA: Densidad a la cual una población llega a un estado de equilibrio dinámico con el ambiente en ausencia de competidores y predadores.

CARNIVORO: Aquel animal que se alimenta de carne de otros animales.

CLOROPLASTOS: m. *Biol.* Orgánulo de las células vegetales en el que tiene lugar la fotosíntesis.

CLIMA: Conjunto de condiciones meteorológicas que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre.

COLONIZAR: Llegar, establecerse y reproducirse en un lugar donde previamente la especie no estaba presente.

COLIFORME: Microorganismos indicadores de contaminación fecal, restringido a coliformes fecales.

COMUNIDAD: Conjunto de dos o más poblaciones que viven en un espacio y tiempo limitados. Conjunto de animales o plantas que viven en una localidad común bajo condiciones similares de ambiente y con alguna aparente asociación de actividades y hábitos. Se aplica a especies que viven en la misma localidad bajo la influencia de factores medio ambientales similares y que afectan la existencia de cada otro a través de sus actividades.

CONCENTRACION: Cantidad de una sustancia dada en una unidad específica de una mezcla.

CONCENTRACION LETAL AL 50 % (CL50): Concentración a la cual cierta proporción de los organismos ensayados produce una respuesta en un período definido de tiempo, generalmente 12, 24 ó 96 horas.

CONSERVACION: Esfuerzo consciente para evitar la degradación excesiva de los ecosistemas. Uso presente y futuro, racional, eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente.

CONTAMINACION: Cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas, microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida.

CONTAMINACION MARINA: La introducción, por acción del hombre, de cualquier sustancia o energía en el medio marino (incluidos los estuarios) cuando produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas incluida la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua de mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento.

CONTAMINADOR: El agente o actor, individual o institucional, responsable de la operación de cualquier sistema que genere contaminación.

CONTAMINANTE: Cualquier factor cuya presencia en un determinado ambiente y circunstancia, constituyan o desencadenen contaminación. Es la sustancia, o forma de energía que normalmente no está presente en el medio ambiente marino, al menos en los niveles que se encuentran con frecuencia y que aparentemente no causan efectos nocivos, Si la concentración se incrementa con el tiempo puede producir efectos nocivos.

CONTAMINANTES: Se definen como todos los elementos, compuestos o sustancias, su asociación o composición, derivado químico o biológico, así como cualquier tipo de energía, radiación, vibración o ruido que, incorporados en cierta cantidad al medio ambiente y por un periodo de tiempo tal, pueden afectar negativamente o ser dañinos a la vida humana, salud o bienestar del hombre, a la flora y la fauna, o causen un deterioro en la calidad del aire, agua y suelos, paisajes o recursos naturales en general.

CONVERGENCIA: Principio que establece que cualquiera que sean los conductos seguidos, finalmente siempre se llega al mismo estado.

COLONIA: Agrupación de células o animales que viven juntos.

CORRIENTE: Movimiento horizontal del agua. se clasifican en corrientes de marea y corrientes oceánicas. Las primeras son producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas. las corrientes

oceánicas, o corrientes propiamente dichas, constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general.

CONTAMINANTE: Cualquier factor cuya presencia en un determinado ambiente y circunstancias, constituya o desencadene contaminación.

CONCESION DE ACUICULTURA: Es el acto administrativo mediante el cual el Ministerio de defensa Nacional otorga a una persona los derechos de uso y goce, por tiempo indefinido, sobre determinados bienes nacionales, para que está realice en ellos actividades de acuicultura.

CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES: Todos los factores que condicionan la estructura y forma de vida en un espacio definido, tanto físico como biológico.

CROMOGENO: Dicho de una bacteria: Que produce materias colorantes u origina coloraciones.

CRUSTACEO: Clase de organismos que tienen dos pares de antenas y generalmente están cubiertos con una caparazón calcárea y poseen un par de mandíbulas (centolla, langostino, picoroco).

CUENCA HIDROGRAFICA: Territorio que contribuye con aguas de escurrimiento a un mismo río, lago o mar.

D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno. Es la cantidad de oxígeno requerida, para estabilizar la materia orgánica contenida en aguas contaminadas o aguas industriales residuales, que pueden descomponerse por la acción de microbios aéreos. Cantidad de oxígeno absorbido por un residuo en descomposición.

DEGRADACION: Transformación de una sustancia a un estado tal que disminuyen sus características de impacto ambiental.

DENSIDAD DE POBLACION: Número de individuos de una población por unidad de superficie o volumen.

DEPURACION: Proceso por el cual se eliminan las impurezas desde el agua. Llegar a ser libre de contaminantes.

DESCOMPONEDOR: Organismos que devuelven al medio los elementos que forman el protoplasma, al consumir a los seres muertos.

DESCOMPOSICION: Es la presencia de olores, sabores y colores objetables o defectos de textura asociados con putrefacción.

DESCARGA CONTINUA: Vertimiento único diario de residuos líquidos, sin interrupción de flujo.

DESECHOS METABOLICOS: Productos derivados de los procesos vitales y que son eliminados del organismo.

DETERGENTE: Compuesto químico que se utiliza para lavar. Aquellos que contienen fosfatos, contaminan y contribuyen a la eutroficación de las aguas.

DETRITUS: Restos que quedan de la desintegración y deterioro de vegetales y animales. Residuos de descomposición de un cuerpo. Término dado para un fragmento de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición animal o vegetal.

DISPERSION: Movimiento de los organismos o de sus elementos de diseminación hacia adentro o hacia afuera del área de la población.

DISPERSANTES: Son mezclas que incluyen agentes de superficie activa a fin de reducir la tensión superficial entre el aceite y el agua de mar.

DIVERGENCIA: Lo opuesto a Convergencia, se refiere a aguas que se mueven aparte de, o divergen de otras.

DOSIS LETAL (LD50): Dosis de una sustancia, la que bajo ciertas condiciones de la prueba mata el 50 % de los animales a los que les es suministrada.

D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno. Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica e inorgánica contenida en el agua después de corregir la influencia de los cloruros. Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica a partir de un oxidante químico fuerte.

ECOSISTEMA: Componentes de una comunidad, bióticos y abióticos, asociados en una misma situación.

ECOTOXICOLOGIA: Nueva división de la toxicología que trata del estudio de químicos persistentes que pueden ejercer varios efectos tóxicos en varios sitios de un ecosistema.

EFEECTO AMBIENTAL: Una consecuencia medible sobre algún componente básico del ambiente, provocada o inducida por cualquier acción del hombre.

EFLUENTE: Que emana o se desprende de algo. Aguas contaminadas descargadas.

EFLUENTE DOMESTICO: Residuos producidos por los asentamientos humanos-colectividades, incluyen principalmente aguas negras de las ciudades.

EFLUENTE INDUSTRIAL: Residuos provenientes de la industria; pueden ser clasificados ampliamente de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, por su comportamiento en las aguas receptoras y en la forma como esto afectan el medio ambiente acuático, generalmente contienen sustancias orgánicas disueltas incluyendo tóxicos, materiales biodegradables y persistentes, sustancias inorgánicas disueltas incluyendo nutrientes, sustancias orgánicas insolubles y solubles.

EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL (E.I.A.): La predicción o presunción del impacto ambiental de una actividad o proyecto específico, y la proposición de alternativas para prevenir o atenuar los efectos degradantes o deteriorantes del ambiente que puedan seguirse de su realización o ejecución. Se la representa normalmente en un documento público que tiene el mismo nombre de la actividad. Actividad diseñada para identificar, predecir, interpretar y comunicar información sobre el impacto de la acción sobre la salud del hombre o su bienestar.

ELEMENTOS TRAZA: Generalmente se refiere a ciertos elementos, como: el cobalto, que se presentan en muy bajas concentraciones y a las cuales son muy importantes para los procesos biológicos.

EMIGRACION: Movimiento de los individuos de sentido único hacia afuera del área de la población.

EMISARIO: Cañería o colector que recibe el agua efluente de toda una red de alcantarillado, llevándola hasta una planta de tratamiento y/o hasta el punto de descarga final.

EMULSION: Mezcla de dos líquidos no miscibles como aceite y agua.

EMULSIFICACION: Proceso por medio del cual un líquido es dispersado en otro en forma de pequeñas gotas.

ENDEMICO: Animal o planta que se considera autóctono o indígena del país o región en que vive. Propio de un lugar.

E.P.A.: Environmental Protection Agency. (Agencia de Protección Ambiental).

EROSION: Desagregación, desprendimiento y arrastre de sólidos desde la superficie terrestre por la acción del agua, viento, gravedad, hielo u otro. Proceso por el cual el sustrato es resquebrajado y acarreado lejos de un área.

ESPECIE: Grupo de poblaciones naturales que se inter cruzan y que están reproductivamente aisladas de otros grupos. Grupo de organismos con características estructurales y funcionales similares que, en la naturaleza, sólo se aparean entre sí y tienen un origen ancestral común cercano.

ESPECIES EXOTICAS O FORANEAS: Especies que no son propias del lugar o país; lo opuesto son las especies nativas. Especies incorporadas por el hombre a un ecosistema en el cual no existía en forma natural.

ESTABLECIMIENTO EMISOR: es todo establecimiento u operación de cualquier carácter, individual o asociada, que emite residuos líquidos a un cuerpo de agua receptor.

Eucariote (a): Se dice de las células con núcleo diferenciado, envuelto por una membrana y con citoplasma organizado, y de los organismos constituidos por ellas. U. m. c. s. m.

EUTROFICACION: Enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por su eliminación definitiva por mineralización, de manera que el exceso de materia orgánica producida hace disminuir enormemente el oxígeno en las aguas profundas. Estado de un cuerpo de agua con un gran aporte de nutrientes y, por tanto, con una gran producción de materia orgánica. Viene a significar un enriquecimiento indeseable del agua. Acumulación de nutrientes en un área.

EULITORAL: Franja horizontal del intermareal delimitada por la distribución superior de los picorocos por arriba y por el comienzo de las grandes algas café por abajo.

EUFOTICA: Zona de la capa superior del océano en la cual penetra suficiente cantidad de luz para la fotosíntesis. Se extiende desde la superficie hasta unos 80 metros de profundidad.

EVOLUCION: Proceso de cambio en el tiempo que experimentan los elementos bióticos y abióticos.

EXPLOSION DEMOGRAFICA: Aumento repentino e incontrolado del número de individuos de una población.

FACTOR LIMITANTE: Componente del medio que cuando se encuentra en baja o en alta cantidad impide un aumento en la densidad o la existencia de un determinado organismo.

FACTORES DETERIORANTES O DEGRADANTES DEL AMBIENTE: Aquellas acciones humanas que, en forma directa o indirecta, voluntaria o involuntaria, afectan negativamente la calidad ambiental en cualquier grado.

FERMENTACION: Tipo de respiración sin oxígeno en que el aceptor de electrones es un compuesto orgánico.

FERTILIZANTE: Compuesto químico que aumenta la productividad del suelo.

FILTRADORES: Animales acuáticos que obtienen su alimento filtrando las partículas suspendidas en el agua (cholga, piure, picoroco).

FITOPLANCTON: Conjunto de vegetales que constituyen el plancton. Se define así al plancton de naturaleza vegetal capaz de sintetizar sus propias sustancias por fotosíntesis utilizando agua, gas carbónico y energía luminosa.

FLORECIMIENTO FITOPLANCTONICO: Se caracteriza por un aumento cuantitativo notable y localizado de algunas especies de plancton produciendo notables discoloraciones del agua.

FOTOSINTESIS: Proceso mediante el cual las plantas capturan la luz solar para sintetizar compuestos ricos en energía, como glucosa, a partir de agua y dióxido de carbono. Proceso natural de singular importancia y altamente complejo en virtud de la cual las plantas verdes sintetizan compuestos orgánicos de anhídrido carbónico y agua en asociación con clorofila, bajo la acción de la luz del sol.

GEOMORFOLOGIA: Ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre.

GESAMP (Sigla): Grupo Mixto de Expertos en aspectos científicos sobre la contaminación del mar (OMI/FAO/UNESCO/OMM/OIEA/NU/PNUMA)

GRADIENTE TERMICO: Aumento o disminución gradual de la temperatura a lo largo de un espacio, geográfico o del tiempo.

HABITAT: Corresponde al lugar donde vive o se encuentra un organismo. Lugar que ordinariamente habita un organismo o grupo de organismos. Ambiente en el que vive un organismo o población.

HAPLOIDE: adj. *Biol.* Dicho de un organismo, de un tejido, de una célula o de un núcleo: Que posee un único juego de cromosomas.

HERBICIDA: Producto químico que impide el desarrollo de las hierbas ("Malas").

HERBIVORO: Consumidores de primer orden en una cadena alimenticia, son aquellos organismos que consumen vegetales.

HETEROTROFO: Organismos que son capaces de sintetizar su propio alimento y necesitan alimentarse de otros organismos.

HIDROCARBURO: Son todos los compuestos químicos que contienen carbono e hidrógeno. La combustión de hidrocarburos, como el petróleo y derivados produce contaminantes.

HIDROSFERA: Es toda la superficie del planeta cubierta de agua.

INDICADORES BIOLÓGICOS: Organismos que por su presencia (o ausencia) tienden a indicar condiciones medio ambientales.

IMPACTO AMBIENTAL: La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental. es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar.

INTERESES MARITIMOS: El conjunto de beneficios de carácter político, económico, social y militar que obtiene un Estado de todas las actividades relacionadas con el uso del mar.

INMUNE: Que no es afectado, que es resistente

INFAUNA: Animales acuáticos que viven entre partículas del fondo. Hurgan en el substrato o construyen tubos o madrigueras. Conjunto de todos los animales que habitan en capas de superficies arenosas, lodosas, en el fondo del mar.

INFUSION: Extracción de las partes solubles de sustancias orgánicas, mediante su inmersión en agua cercana a la ebullición.

INHIBICION: Suspensión transitoria de una función o actividad de un organismo mediante la acción de un estímulo adecuado.

INVERNADERO, EFECTO: Aumento de la temperatura de un área del planeta como producto de la acumulación de gases y partículas en la atmósfera que no dejan escapar energía hacia el espacio. Ocurre con el smog de Santiago.

INTERMAREAL: Franja costera donde se produce la interfase Agua- Tierra y que está sometida a los efectos de las mareas. Es la zona que se extiende desde líneas de las más altas mareas hasta la línea de las mareas más bajas.

ISOTERMA: Línea que une los puntos con igual temperatura. Una línea sobre una carta hidrográfica que conecta todos los puntos de igual o constante temperatura.

K (CAPACIDAD DE CARGA): Corresponde a la densidad máxima que alcanza una población que se encuentra limitada por los recursos ambientales, en ausencia de depredadores y parásitos.

LAGUNA DE ESTABILIZACION: Obra destinada a la depuración de aguas servidas o residuos industriales líquidos de naturaleza orgánica, mediante procesos físicos, químicos y principalmente biológicos en condiciones aeróbicas o anaeróbicas.

LATENCIA: f. Cualidad o condición de latente, Tiempo que transcurre entre un estímulo y la respuesta que produce, y, en particular, lapso entre el momento en que se contrae una enfermedad y la aparición de los primeros síntomas.

LIMITE DE TOLERANCIA: Condiciones extremas que es capaz de soportar un organismo antes de morir.

LIMITE DE DETECCION: Es la capacidad de un método analítico para detectar pequeñas cantidades del componente a analizar. No tiene valor numérico.

LIXIVIACION: Tratamiento de una sustancia compleja con el disolvente adecuado para obtener la pasta soluble de ella.

LIMITATIVOS, FACTORES: Aquellos elementos del ambiente que limitan el crecimiento de los organismos.

LITOSFERA: f. *Geol.* Envoltura rocosa que constituye la corteza exterior sólida del globo terrestre.

MAMIFERO: Animal vertebrado de sangre caliente. Posee pelos y cuando es pequeño se alimenta de leche que produce la madre.

MANEJO MEDIO AMBIENTAL: Consiste en la formulación de estrategias en las que los recursos de un ecosistema dado puede ser utilizado de una manera ecológicamente eficiente y sosteniblemente.

MAR PRESENCIAL: Es aquella parte de alta mar, existente para la comunidad internacional, entre el límite de nuestra zona económica exclusiva continental y el meridiano que, pasando por el borde occidental de la plataforma continental de la Isla de Pascua, se prolonga desde el paralelo del hito N 1 de la línea fronteriza internacional que separa Chile y Perú, hasta el Polo Sur.

MAREA ROJA: Crecimiento cuantitativo notable de algunas especies de dinoflagelados.

MATERIAL INERTE: Refiérese en contaminación proveniente de fuentes mineras, a las escombreras o material diferente de los minerales que se explotan.

MAXIMA CONCENTRACION PERMISIBLE: La mayor concentración de un contaminante considerada no peligrosa a la salud de organismos adultos.

MEDIO AMBIENTE: Es todo lo que rodea a un organismo; los componentes vivos y los abióticos. Conjunto interactuante de sistemas naturales, construidos y socioculturales que está modificando históricamente por la acción humana y que rige y condiciona todas las posibilidades de vida en la Tierra, en especial humana, al ser su hábitat y su fuente de recursos. Es todo lo que naturalmente nos rodea y que permite el desarrollo de la vida y se refiere tanto a la atmósfera y sus capas superiores, como la tierra y sus aguas, a la flora y fauna; a los recursos naturales, todo lo cual conforma la naturaleza con su sistema ecológico de equilibrio entre los organismos y el medio en que vive.

MICROORGANISMO: Organismo pequeño que no se ve a simple vista (bacteria, virus).

MIGRACION: Movimiento de salida y regreso periódico de los individuos o sus elementos de diseminación, respecto del área de la población.

MITOCONDRIA: f. *Biol.* Orgánulo de las células eucariontes en el que tiene lugar la respiración celular.

MITOSIS: División de la célula en la que, previa duplicación del material genético, cada célula hija recibe una dotación completa de cromosomas.

MOLUSCO: Clase de animales invertebrados de cuerpo blando, desnudo o protegido por una concha (ostra, pulpo, locote).

MODELO: Es una formulación que imita un fenómeno del mundo real y por medio del cual podemos efectuar predicciones. Estos pueden ser verbales, gráficos y numéricos.

MONITOREO: (Seguimiento) Medida de los contaminantes y de sus efectos con objeto de ejercer control sobre la exposición del hombre o de elementos específicos de la biósfera a esos contaminantes.

NAPA: Capa de agua subterránea.

NECTON: Organismos flotantes capaces de navegar, como peces, anfibios, pulpos, etc. Conjunto de organismos que nadan activamente venciendo los movimientos propios de las masas líquidas. Su tamaño fluctúa entre unos pocos centímetros a varios metros.

NERITICOS, ORGANISMOS: Formas de vida que habitan en las aguas costeras.

NEUROTOXICO. Se dice de las sustancias que inhiben o alteran gravemente las funciones del sistema nervioso.

NICHO ECOLOGICO: Comprende el papel funcional de un organismo en la comunidad, "lo que hace", como las relaciones tróficas, utilización del espacio y del tiempo.

NIVELES TROFICOS: Niveles de alimentación, ejemplo: carnívoro, herbívoro, etc.

NUTRIENTE: Aquello que es causa del aumento, actividad o vigor de algún organismo o grupo de ellos. En aguas marinas, se refiere a los elementos requeridos para mantener el crecimiento del fitoplancton en el mar. Incluye generalmente fosfatos, nitratos, silicatos, pero algunas veces elementos menores del agua de mar como cobre, manganeso, cobalto, hierro.

OCEANOGRAFIA: Estudio físico de los medios oceánicos y particularmente de la génesis y la dinámica de las masas de agua.

OLIGOTROFIA: Propiedad de las aguas de lagos profundos de alta montaña, con escasa cantidad de sustancias nutritivas y poca producción de fitoplancton.

OLIGOTRÓFICO: adj. *Ecol.* Pertenece o relativo a la oligotrofia.

PARAMETRO: Constante numérica cuyo valor caracteriza a un miembro de un sistema. Como función matemática, es una cantidad a la cual el operador puede asignarle un valor arbitrario, se distingue de variable, la cual puede tomar sólo aquellos valores que haga la función posible.

PATOGENO: Que causa enfermedad.

PELAGICO: Término que se utiliza para denominar a los organismos marinos que viven en la columna de agua, en alta mar. Pertenece al océano, se refiere a las aguas, sea cual sea la profundidad o situación con referencia a la línea de la orilla. Dicese también de los peces que pueblan las aguas superficiales.

PLAGUICIDA: Sustancias químicas que destruyen plagas.

PESTICIDAS: Son descritas como sustancias materiales o sintéticas utilizadas en el control de plantas y animales no deseables. Desde el punto de vista químico de la contaminación cuatro grupos son importantes: Organoclorados, mercuriales, arsenicales y carbamados.

PLATAFORMA CONTINENTAL: Proyección submarina del continente, y que alcanza, por convección, una profundidad de 200 m.

PLANTA DE TRATAMIENTO: Facilidades para la purificación de residuos o efluentes, mediante métodos mecánicos, físicos, químicos y biológicos o combinación de éstos.

PLANCTON: Está constituido por todos aquellos organismos que flotan más o menos pasivamente en el agua. En general carecen de movimientos propios, o los tienen en muy pequeña escala. Es la parte viva del seston. Organismos acuáticos que flotan más o menos pasivamente en el agua. organismos suspendidos en el agua, sin o con movilidad limitada, que no pueden mantener su distribución contra el efecto de las corrientes.

PLAN DE CONTINGENCIA NACIONAL: Es un instrumento que define los mecanismos de organización, recursos y estrategias de un país para hacer frente a una emergencia de contaminación, incluyendo la información básica necesaria.

POLUCION: Es sinónimo de contaminación. Es un concepto legal y se refiere a lo que hace que un medio determinado, generalmente fluido, el agua o la atmósfera, se considere ya inapropiado para determinado uso.

POBLACION: Grupo de organismos que habitan un espacio en un tiempo dado y se reproducen entre ellos. Conjunto de individuos de una misma especie que habitan áreas comunes y presentan un nivel de organización y estructura propia, con un patrón reproductivo, comportamiento, crecimiento y tasa de renovación similar.

POLUTANTE: Es una sustancia que causa contaminación y por definición puede causar algún efecto peligroso.

PORCION DE AGUA: espacio de mar, río o lago, destinado a mantener cualquier elemento flotante estable.

POZO DE INFILTRACION O ABSORCION: Es toda excavación en terreno o conducto perforado o taladrado de cierta profundidad donde las aguas se infiltran al subsuelo a través de las paredes y piso permeable.

PREDADOR: Dicho de un animal: Que mata a otros de distinta especie para comérselos.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA: Producción de biomasa por unidad de tiempo. cantidad total de materia orgánica que es formada en cierto tiempo por actividad fotosintética de las plantas.

PRESERVACION: El mantenimiento del estado natural original de determinados componentes ambientales, o de lo que reste de dicho estado, mediante la limitación de la intervención humana en ellos al nivel mínimo, compatible con la consecución de dicho objetivo.

PROCARIOTA: m. *Biol.* procarionte.; adj. *Biol.* Dicho de un organismo: Cuyo ácido desoxirribonucleico no está confinado en el interior de un núcleo, sino extendido en el citoplasma. U. t. c. s.

RECOLECTORES: Denominados también Skimmers, son equipos mecánicos diseñados para remover el petróleo desde la superficie del agua sin causar mayores alteraciones en sus propiedades físicas o químicas.

REGIMEN DE EVACUACION: Variación del caudal de descarga del efluente en función del tiempo, vertido desde las instalaciones de un establecimiento.

RESIDUOS BIOLÓGICOS: Desechos producidos por organismos vivos, mirado desde un punto de vista del hombre.

RESIDUO LIQUIDO: Efluente residual evacuado desde las instalaciones de un establecimiento productivo o de servicios de carácter público o privado, cuyo destino directo o indirecto son los cuerpos de agua receptores.

RECURSO SOBREEXPLOTADO: Es aquel recurso hidrobiológico cuyo nivel de explotación es mayor al recomendado técnicamente para su conservación en el largo plazo.

RECURSOS NATURALES: Todos aquellos recursos no creados por el hombre, tales como la tierra, el agua, los minerales, el aire, etc. Normalmente se clasifican en recursos naturales renovables y recursos naturales no renovables. Ejemplo de los primeros son los bosques, los peces, el ganado, etc. Ejemplo de los segundos son los minerales, el petróleo, etc.

REPOBLACION: Es la acción que tiene por objeto incrementar el tamaño o la distribución geográfica de la población de una especie hidrobiológica, por medios artificiales.

SEDIMENTACION: Proceso en el cual las sustancias en suspensión se depositan en el fondo.

SEDIMENTO: Material (minerales, materia orgánica, etc.) que habiendo estado suspendido en un líquido, se deposita en el fondo.

SIMA: f. Cavidad grande y muy profunda en la tierra. |

SIMBIOSIS: f. *Biol.* Asociación de individuos animales o vegetales de diferentes especies, sobre todo si los simbioses sacan provecho de la vida en común.

SINTOMÁTICO: adj. Perteneciente o relativo al síntoma.

SISTEMA BENTÓNICO: adj. *Biol.* Perteneciente o relativo al bentos.

SUBMAREAL: Que no queda al descubierto durante la marea baja.

SUSTENTABILIDAD: La capacidad de una sociedad humana de apoyar en su medio ambiente el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus miembros para el largo plazo; las sustentabilidades de una sociedad es función del manejo que ella haga de sus recursos naturales y puede ser mejorada indefinidamente.

SURGENCIA: Véase AFLORAMIENTO. Proceso en el cual el agua de profundidad alcanza profundidades someras. Ascenso vertical del agua profunda, rica en nutrientes.

SUSTANCIAS ORGANICAS: Se designa una amplia gama de sustancias simples o compuestas, de rápida o lenta degradación y/o persistencia, de ninguna, poca o alta toxicidad, generalmente presentes como residuos de las actividades humanas, que llegan al medio marino por diversas fuentes.

TASA DE AUMENTO: Índice numérico que indica el incremento de individuos en el tiempo.

TASA DE MORTALIDAD: Fracción de la población existente al comienzo de un año que morirá en el transcurso del mismo.

TASA DE SUPERVIVENCIA: Fracción de la población que sobrevive en el transcurso de un año.

TERMOCLINA: Gradiente vertical brusco de temperatura que se produce por la mezcla de aguas frías y calientes. Es aquella zona de la capa superficial del océano en la cual la temperatura del agua del mar tiene una rápida disminución en sentido vertical, con poco aumento de la profundidad. capa delgada de agua colocada entre la parte superficial más cálida y la más fría del fondo. se caracteriza por el rápido cambio de un grado de temperatura o más por metro de profundidad.

TIEMPO DE RESIDENCIA: una característica del tiempo permanecido por una sustancia en el sistema oceánico. La definición de tiempo simple de residencia para describir los pasos de los contaminantes en el océano es a menudo inapropiada.

TOXICO: Venenoso, que posee las propiedades de un veneno.

TOXINAS: f. *Biol.* Veneno producido por organismos vivos.

TRATAMIENTO: Proceso que se lleva a cabo con objeto de purificar un efluente en una forma tal que su disposición no induzca a peligros a la salud humana, la vida marina, etc.

TRATAMIENTO QUIMICO: Tratamiento de efluentes, generalmente oxidación química, reducción, neutralización ácido-alcali, precipitación, coagulación y sedimentación.

TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento de residuos mediante filtros de arena, lodos activados, lagunas de oxidación, etc.

TURBIEDAD: Es el aspecto que ofrece un líquido a causa de la presencia de materias en suspensión. Su intensidad puede servir para apreciar la concentración de estas materias.

UPWELLING: Véase AFLORAMIENTO. Masa de agua que se eleva desde la profundidad del océano.

URBANO: Relativo a la ciudad.

µm: microgramos

UM: unidades ratón; Mouse Ing.

UR: unidades raton

VARIABILIDAD: Medida de la incertidumbre de la medición. El conocimiento de la confiabilidad de una medición expresada en términos de la variabilidad del error, da un índice de la utilidad de los datos.

VEDA: Acto administrativo establecido por la autoridad competente en que está prohibido capturar o extraer un recurso hidrobiológico en un área determinada por un espacio de tiempo.

VERTEBRADO: Animal que tiene esqueleto con columna vertebral.

VERTIMIENTO: (Derrame) Principalmente en petróleo, descarga de cualquier cantidad de material o sustancias ofensivas a la salud pública.

VIRUS: Grupo de microorganismos infecciosos, causantes de numerosas enfermedades en el hombre y animales. son tan pequeños que no se alcanzan a ver con el microscopio óptico.

VULNERABLE: Que puede recibir algún daño o ser muerto.

Zigota: m. *Biol.* Célula resultante de la unión del gameto masculino con el femenino en la reproducción sexual de los animales y de las plantas.

ZOOPLANCTON: Componente animal del plancton. Conjunto de animales que se encuentran en el plancton. Constituyentes del plancton. Porción animal de los organismos planctónicos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. A.D Bonney, 1976, EE UU, Phytoplankton, Edit Edward Arnold
2. Aden; D; Neuromuscular blocking action of two brevetoxin from Florida red tide Organism *Ptychodiscus brevis*. *Toxicon* 22.
3. Alonso C.1996.Informe de trabajo 1995.Gobierno del estado de Guerrero servicios estatales de salud. Programa Mexicano de Molusco Bivalvos Chilpancingo Guerrero.
4. Alvarez Borrego; 1978, Ciencias Marinas. *Cienc. Mar.* 13(3):11-27, 1997.
5. Anderson, M.d.1994.Red tide. many experts believe these of toxic algae have recently become more prevalent, poisoning a grater threat to human and marine health *Scientific American*.
6. Angt, C and Williams, M, 1987. Excitatory amino acid receptors. *Transmissions, Cienc. Mar.* 13(X), 1989.
7. Anonimo, 1974, Estudio geográfico de la región de Mazatlán Sinaloa, Dirección de Oceanografía y Señalamiento marino. México DF.
8. Anonimo.1980, Monografía del puerto de Mazatlán, Sin. Serie tecnológica No 22
9. Anonimo.1996, Anuario Estadístico del estado de Sinaloa; INEGI. Gobierno del estado de Sin.
10. Anonimo.1992. Marea Roja en Chiapas. *Epidemiología*,2;México.
11. Anonimo.1990 a 1994. Infrme Técnico de las reuniones ordinarias del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos Comité central de la Dirección General de Salud Ambiental, México DF.
12. Allen, W.E.1973.Plankton diatoms of the Golf of California obtained by the G. Allan Hancock Expedition of 1936.The Hancock PACIFIC Expeditions. The Univ.So.Calif Publ.3:
- 12 Andrew R. Juhl.; Growth rates and elemental composition of *Alexandrium monilatum*, a red-tide dinoflagellate; *Harmful Algae x (2004) x-x*
- 13 Baden; D; Broncchoconstriction caused by Florida red tide toxins. *Virginia, U.S.A, 1993, Toxicon* 20.
- 14 .P. Sierra Beltran et al.; an over view of the marine food poisoning in Mexico; vol. 36, No 11, 1998.
- 15 Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official Methods of Analysis. "Fish and Other Marine Products". Ed Kenneth Helrich. Virginia, USA.
- 16 Balech E; 1988; Los dinoflagelados del atlántico Sudoccidenta. Publ. Espec Inst. Esp Oceanogr Madrid.
- 17 Barberan, J.1980.La oscilación del sur y el clima. *Naturaleza* 3. Inst. Esp Oceanogr Madrid.
- 18 Belin C, Evaluation of phytoplankton perturbations on the French in 1986; 87 pp.
- 19 Bello G.Jose, Fundamentos de ciencia toxicológica ; Edit Díaz de Santo España.
- 20 Blogoslowsky, J.W; Stewart.; Florida, USA, 1979 Ozone detoxification of paralytic shellfish poison in the soft shell clam *toxicon*.
- 21 Braarud, T., 1962 Species distribution in marine plankton. L .Oceanogr Soc.
- 22 Cabalas Flores., 1985 Comparacion fitoplanktonica de la bahia de mazatlan y Esteros de Urías, Sin. México 1981. Tesis profesional ENEP Iztacala UNAM.
- 23 Casarett and Doull, México, DF, 2001. manual de toxicología, Edith Mc Graw-Hill Interamericana.
- 24 Clasificación de las Intoxicaciones de Trabajo más frecuentes. Departamento de seguridad e Higiene en el trabajo del IMSS; 1988.
- 25 Córdova Darío, 1998; Toxicología; Editorial el manual 4a ED, México DF.

- 26 Cortez, A.R. "Observaciones de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México". *Cienc. Mar.* 13(4):1-19, 1987.
- 27 Cortez, A.R., D.J. Hernández B y R. Luna S. "Mareas rojas en México: una revisión", en Res.VI. Congr.. Latinoamericano de Ciencias del Mar, 1995.
- 28 Cortez, A.R., D.U. Hernández-Becerril y R. Luna-Soria. 1996. "Red Tides in México: A Review", en Yasumoto, Oshima y Fukuyo (eds.), *Harmfull and Toxic Algal Blooms*. IOC UNESCO.
- 29 Cortez, A.R., D.U. Hernández-Becerril y R. Luna-Soria. 1995 ".Presencia de mareas rojas en el golfo de California., USA.
- 30 Cortez, A.R., 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *mesodinium rubrum* en el litoral de Mazatlán, Sinaloa, México, Biota.
- 31 Crane,R.K.Intestinal structure and function related to toxicology environ health perspect.
- 32 Cursos técnicos medios del IMSS sobre seguridad, hospital shirriners, 1992.
- 33 Chabra, R.S. Intestinal absorption and metabolism of xenobiotics. Environ Health perspect; 1981. Florida, USA.
- 34 Cruz, MA,1995 Productividad primaria acuática en la bahía de Mazatlán .Tesis Profesional ,Facultad de Ciencias, Universidad Nacional autónoma de México.
- 35 Cupp, E.E., 1943.Marine plankton diatoms of the west coast of North America, bull scrips. Calif.
- 36 Chapman; 1973; The algae 2 nd Ed. Mc Millan Press, London.
- 37 De la garza J. 1983 Intoxicación alimentaria por ingestión de mariscos contaminado. Sal. Púb. Méx.
- 38 De la Lanza, 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor.
- 39 Delgado Fortuño M., 1991. Atlas de fitoplancton del mar mediterráneo.
- 40 Devassy, V.P., 1991; The Killer tides .sci.repnew Delhi.
- 41 Dr. Pedro Valle Vega, toxicología de los alimentos, Edith CPEHS, México, DF. 1986.
- 42 Dreibach, R.H.; 1981 Animales Marinos. En manual de envenenamiento. Manual Moderno. México, DF.
- 43 Fabrè, R.Toxicology.OIKOS-TAUS Editores.Barcelona 1972.
- 44 Fotorusso, E; 1980. Amino acids from marine algae: Marine Natural Products; vol. 3. Academic Press New York.
- 45 Ian R.Falconer; Algal Toxins in Beafood and Drinking Water; Edit Academic Press, 1993.
- 46 García, A.E., 1973 Modificaciones al sistema de clasificación climático de koppen offset Larios, México.
- 47 Gonzales –lopez,.1994, Microalgas Planctónicas como indicadores biológicos de el niño en el golfo de California. Serie Científica.
- 48 Gómez Aguirre, S.1995 The Red Tide phenomena in México. Internacional IUPAC Symposium on mycotoxins and phycotoxins,8-11 Nov de 1992, Mèxico,DF.
- 49 Gonzáles, F.J.C. "Intoxicación por marea roja", en *Epidemiología* 13: 1-2, 1996.
- 50 Gallo, M; Goochfeld, M. and Goldstein, B.Biomedical Aspects of Environment Toxicology. Toxic chemical health and environment. Edit Jonhs Hopkins University Press.U.S.A. 1987.
- 51 Goodman, G. Las bases farmacológicas de la terapéutica. Edit. Medica Panamericana. 6a ed. México 1981.
- 52 Hallegraef, G.M., D.M. Anderson, A.D. Cembella y H.O. Enevoldsen (eds.) 1995. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC-Manuals and Guides 33, UNESCO, Paris.
- 53 Hallegraef, G.M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Pycologia 32.
- 54 *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC-Manuals and Guides 33, UNESCO, Paris.

- 55 Hasle, GR., 1978. Using the inverted microscope. In Sournia, Phytoplankton manual UNESCO, Paris.
- 56 Hernandez B., 1985; Estructura del fito plankton del golfo de California cienas marinas;
- 57 Hernandez B., 1987; Especies de fitoplancton tropical del Pacifico Mexicano. Diatomeas y Silicoflagelados.
- 58 Hernandez B., 1988; Especies de fitoplancton tropical del Pacifico Mexicano. II Cianobacterias Y Dinoflagelados.
- 59 Hughes.JM.1979 Epidemiology of shellfish poisoning in the United States. En Taylor,DL. Toxic dinoflagellate blooms. Amsterdam, El Sevier, North Holland.
- 60 Hugo A. Magana, A historical assessment of *Karenia brevis* in the Western Gulf of Mexico, Harmful Algae 2 (2003)
- 61 Hernández Becerril, D U. 1987. Un caso de marea roja en el Golfo de California. Rev Lat-Amer.Microbiol 29.
- 62 Ian R Falconer, algal toxin in beafood and drinking water, Edith academic press. 1993, San Diego Ca.
- 63 Kao, C Y .1971.Vasodilatory effects of tetrodotoxin in the cat.j pharmacology exp. Edit Jonhs Hopkins, Press, USA.
- 64 Kat, M. 1979 The occurrence of prorocentrum species and coincidental gastrointestinal allnes of mussel consumers. Taylor. Toxic dinoflagellte blooms.el Sevier. N Holland.
- 65 Kiefer.D.A. 1975. Two blooms of *Gymnodinium splendens*, an unarmored dinoflagellated. Fish bull.73.
- 66 Kudo, R R. De Thomas, chrles C, Protozoology.Illinois, USA.
- 67 Lechuga Deveze, C.H. Y A.P. Sierra Beltran 1995. Documented case of ciguatera on the Mexican pacific Coast. Natural Toxin.
- 68 Lefèvre M .;Jakob,H y Niesbet .1952. Auto et hetero-antagonisme chez les algues d'eau douce in vitro et dans les collections d'eaux naturelles.Ann st Cent Hidrobiology.
- 69 Levander, O. A. Lead toxicity and nutritional deficiencies.Environment Health's Perspect. Vol. 9.
- 70 Loomi, Ph D, M.D, Fundamentos de toxicología, Edit. Acriba Zaragoza España, 1993.
- 71 Mee, L.D.; Cortez Altamirano y Luz Ma.1984. Dinitrogen fixation in a eutropic tropical bay. Estuarine, coastale and shelf Science, 19:
- 72 Millan Nuñez Eduardo; 1988 Marea roja en la bahía de los Ángeles. Ciencias Marinas, 14.
- 73 Morquecho, L. *et al.*, "Marea roja: causas y efectos", en *Ciencia y desarrollo*, 1996.
- 74 Nedler, a.b. 1949. Paralytic shellfish poisoning and the *Goyaulax tamarisis*. Fish res. Board Can.
- 75 Nilda A G de Fenicola; Nociones Básicas de Toxicología. Centro de investigaciones y estudios avanzados del POLI, 1985.México DF.
- 76 Núñez Ortega, D.A.1879, Ensayo de la explicación del origen de las grandes mortandades de peces que ocurren en el golfo de México. La Naturaleza.
- 77 N.V. Kulagina et al. ; Pharmacological effects of the marine toxins, brevetoxin and saxitoxin, on murine frontal cortex neuronal networks, Toxicon 44 (2004)
- 78 Odum E.P. & Sarmiento F.O. 1998: "ECOLOGIA *El puente entre ciencia y sociedad*", México, Ed. Mc Graw-Hill Interamericana.
- 79 Oliva A. Ma. Virginia, manual de toxicología para la carrera de QFB.1ª ED; 2001, UNAM .Fes C, Edo de Méx.
- 80 Paerl, H.W. "Coastal Eutrophication and Harmful Algal Blooms: Importance of Atmospheric Deposition and Groundwater as "New Nitrogen and Other Nutrient Sources" en *Limnology and Oceanography*,. 42 (5, parte 2), 1997.

- 81 Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos. 1989. "Manual de Operación I del Control Sanitario de Áreas de Producción de Moluscos Bivalvos. México, DF.
- 82 Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos. 1989. "Manual de Operación II de los Aspectos Sanitarios de la Cosecha, Procesamiento y Distribución de los Moluscos Bivalvos. México, DF.
- 83 Rao, D.V.S.; Quilliam. 1988. Domoic acid a neurotoxin amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pingens* in culture Can.J FISC A.
- 84 Rad; por alimentos. Impacto socioeconómico. Aliment Latinoam 1994.
- 85 Repetto Manuael, Toxicología Fundamental, Edith. Científica médica, Barcelona España. 1995.
- 86 Smith D.S.; 1994. Development of a monoclonal based enzyme linked immunoassay for saxitoxin induced protein.Toxicon.
- 87 Smith R.L. & Smith T.M. 2000 "ECOLOGÍA" 4ª edición. Madrid, Ed Addison Wesley.
- 88 Sockett PN, Cowden J, Le-Baigue S, Ross D, Adak GK, Evans H. Foodborne disease surveillance in England and Wales: 1989-1991. Commun Dis Rep CDR Rev 1993.
- 89 Sommers, H.1994; Paralytic shellfish poisoning. USA.
- 90 STRASBURGER, E. y otros. 1974. Tratado de Botánica. Editorial Marin.
- 91 Sullivan, j j. Wekell, M M.1988. Detection of paralytic shellfish toxins. En. Marine toxins and venoms: Handbook of natural toxins Dekker, EDT Nw Cork.
- 92 VALLA, J. 1979. Botánica, morfología de las plantas superiores. Ed. Hemisferio Sur S.A.ESP.
- 93 Roberto Cortéz Altamirano, 1998, Las mareas rojas, Edith AGT Editor, S.A.,México, DF
- 94 Takayuki Shibamoto, Introducción ala Toxicología de los Alimentos, Edith Acribia, S.A, Zaragoza España, 1993.
- 95 Vanni, M.J. & J. Temte. 1990. Seasonal patterns of grazing and nutrient limitation of phytoplankton in a eutrophic lake. Limnol. Oceanogr.
- 96 Venrick.LE.1978 How many cell to count? Aa Phytoplankton Manual. UNESCO, Paris.
- 97 Y.S. Cheng *et al.*; Characterization of red tide aerosol on the Texas coast; *Harmful Algae* 4 (2005).

Divulgation sobre phytoplankton:

- 98 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 1, Marzo 1993 15 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds SOMPAC.
- 99 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 2, Marzo 1993 24 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds SOMPAC.
- 100 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 3, Marzo 1993 24 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds SOMPAC.
- 101 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 4, Marzo 1993 24 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds UAM-X
- 102 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 5, Marzo 1993 30 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds UAM-X
- 103 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 6, Marzo 1993 32 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds UAM-X
- 104 Planctologia mexicana. Boletín informativo de la sociedad mexicana de planctologia, A.C.No 7, Marzo 1993 32 pp. Gasca Serrano R A. Y Msignoret eds UAM-X

Paginas electrónicas:

- 105 <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1993-1/articulo427.html>
- 106 http://www.ispch.cl/actualidad/articulos/MAREA_ROJA.pdf
- 107 http://portal.ssaver.gob.mx/pls/ssaver/docs/FOLDER/MAREA_ROJA/NORMA%20EMERGENTE%20005-SSA1-2001.PDF
- 108 <http://cremc.ponce.inter.edu/fitoplancton.htm>
- 109 http://portal.ssaver.gob.mx/pls/ssaver/docs/FOLDER/MAREA_ROJA/NORMA%20EMERGENTE%20005-SSA1-2001.PDF
- 110 http://portal.ssaver.gob.mx/pls/ssaver/docs/FOLDER/MAREA_ROJA/TOXICOLOGIA%20DE%20LA%20MAREA%20ROJA.PDF
- 111 <http://www.redtide.whoi.edu/hab/whathabs/whathabs.html>
- 112 <http://www.cofepris.gob.mx>
- 113 <http://www.cofepris.gob.mx/mj/documentos/ambiental/NOM-EM-081-SSA1-2001.pdf>