

2 Ej. No. 18



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**INTOXICACIONES ALIMENTARIAS
CAUSADAS POR DINOFLAGELADOS**



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

TRABAJO MONOGRAFICO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A

MARIA ALEJANDRA CAMPOS GARCIA

1 9 8 4.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Páginas
1. INTRODUCCION	1
2. GENERALIDADES	2
2.1. Clasificación de Algas	2
2.2. Intoxicaciones por Algas	8
2.3. Tipos de Intoxicaciones	27
2.4. Dinoflagelados	
2.5. Explosiones demográficas de Dinoflagelados	60
2.6. Intoxicación Paralítica por Mariscos	76
2.7. Quietes	81
2.8. Diarrea por Intoxicaciones con Mariscos	87
2.9. Ciguatera	90
2.10. Repercusiones económicas, nutricionales y sociales	97
3. CONCLUSIONES	102
4. BIBLIOGRAFIA	104

Desde los primeros tiempos de la humanidad, el hombre en su búsqueda de alimentos, encontró que ciertas sustancias si las ingería le producían diferentes grados de enfermedad y algunas veces la muerte. Es por esta razón que las intoxicaciones por alimentos han sido desde siempre una preocupación humana en general.

En todas las aguas del mundo existen numerosos animales y vegetales productores de sustancias tóxicas. Por sus repercusiones, tienen gran importancia las algas productoras de toxinas, principalmente los dinoflagelados.

Los mariscos del tipo de los bivalvos y algunos peces que se alimentan de estos dinoflagelados se vuelven tóxicos al acumular las toxinas de estas algas. El consumo de estos moluscos, especialmente durante la explosión demográfica de los dinoflagelados, ocasiona una forma de intoxicación alimentaria para los humanos o peces que muchas veces llega a ser fatal, generando un problema de salud pública.

Por lo anterior, el conocimiento, origen, fisiología y metabolismo de estos microorganismos es de sumo interés en nuestros días para la prevención o control de este tipo de intoxicaciones.

II) GENERALIDADES

2.1 CLASIFICACION DE ALGAS

Las algas como grupo están constituidas por siete phyla distintos. Todas las algas poseen clorofila y -- efectúan la fotosíntesis. Los tipos pluricelulares están compuestos de tejidos relativamente indiferenciados. No -- llegando a formar verdaderos tallos, raíces u hojas.

Las algas son predominantemente acuáticas. Se -- distribuyen en todos los tipos de agua dulce (lagos, ríos, estanques, pantanos, etc.), así como en los océanos.

Las formas flotantes y nadadoras constituyen el plancton de los océanos y lagos. Si permanecen fijas al -- fondo se les llama bentos. Las distintas especies poseen una gran variedad en formas, tamaños y colores. Se clasi-- fican de acuerdo a la combinación de caracteres, entre -- los cuales están incluidos tipos de pigmentos, naturaleza de las reservas alimenticias y características de sus cé-- lulas móviles, especialmente los flagelos.

Las algas representan la fuente primordial ali-- menticia para la mayoría de los animales acuáticos, así -- como una fuente nutritiva potencial para el hombre.

2.1.1. PHYLUM CHLOROPHYTA (Algas verdes)

Este phylum consta de seis mil especies aproxi--

madamente. En su mayoría habitan el agua dulce; algunas son marinas y otras terrestres, habitando la tierra húmeda, superficies rocosas y troncos de árboles.

Pueden ser unicelulares, coloniales u organismos pluricelulares (con sus células ordenadas en filamentos o capas). Sus clorofilas y carotenoides asociados están dentro de cloroplastos de diversas formas y tamaños, dependiendo de la especie. Sus células poseen un núcleo definido, paredes celulares compuestas de celulosa y reserva alimenticia en forma de almidón. Dependiendo de la especie, la reproducción puede ser asexual o sexual.

Dentro de los miembros más importantes de este phylum se encuentran Chlamydomonas, Volvox, Chlorella, Ulothrix y Oedogonium.

2.1.2. PHYLUM CYANOPHYTA (Algas azul-verdes)

El phylum está constituido por unas dos mil especies. La mayoría son del tipo de agua dulce. Pueden ser células aisladas, filamentos o llegar a tener una extensión considerable al formar colonias. Junto con las bacterias se les considera entre los organismos más primitivos.

(82)

Se conocen fósiles de estas algas que datan de

más de mil millones de años, o sea, de los más antiguos.

(81)

Son unicelulares, no muestran un núcleo definido, sino que el material nuclear está disperso en una región que ocupa generalmente el centro de la célula. (50, 51, 82)

La mayoría de las células están rodeadas por una vaina gelatinosa y son de color verde azulado. Los pigmentos celulares son clorofila, carotenoides y ficocianina. Estos no están organizados en cloroplastos, sino que están distribuidos difusamente en la parte externa del citoplasma. Ciertas especies poseen un pigmento rojo o ficoeritrina, el cual es el responsable de la coloración del Mar Rojo. La reproducción es asexual. La reserva alimenticia es almacenada en forma de un carbohidrato parecido al almidón. Ciertas especies son capaces de efectuar fijación de nitrógeno libre. Ejemplos de estas algas son Nostoc, Oscillatoria y Anabaena. (23)

2.1.3. PHYLUM CHRYSOPHYTA (Algas amarillo-verdosas, algas pardo-doradas y diatomeas)

Tres clases de algas constituyen el phylum ---

Chrysophyta y son amarillo-verdosas (Xantophyceae), -- pardo-doradas (Chrysophyceae), y las diatomeas (Diatomeae). Los colores amarillo y pardo son debidos a la --- gran cantidad de pigmentos carotenoides amarillos o pardo-- dos que predominan sobre la clorofila. Poseen una pared - celular silícea compuesta de dos mitades o valvas. Las re-- servas alimenticias son en forma de grasas y un carbohi-- drato complejo llamado leucosina. La reproducción asexual se lleva a cabo por división celular, zoosporas o esporas inmóviles. Cuando se presenta la reproducción sexual se - efectúa por unión de gametos compatibles. Las xantofíceas y las crisofíceas habitan predominantemente aguas dulces; mientras que las diatomeas se encuentran distribuidas tan-- to en aguas dulces como saladas. Debido a que las diato-- meas se encuentran en mayor abundancia en el plancton --- constituyen fuente principal de alimentación para anima-- les y plantas de aguas dulces y marinas.

2.1.4. PHYLUM RODOPHYTA (Algas rojas)

Los miembros de este phylum se caracterizan por tener un pigmento rojo, la ficoeritrina en sus cloroplastos. También contienen clorofila a y d y los pigmentos -

carotenoides comunes. Casi todas las especies son marinas, móviles y pluricelulares. Las algas rojas son más abundantes en mares cálidos, rara vez exceden el metro de longitud. Las reservas alimenticias son almacenadas en forma de un compuesto parecido al almidón y al cual se le conoce como almidón de las florídeas. En todas las especies se presenta la reproducción sexual dentro del órgano sexual femenino por medio de fusión de gametos diferentes.

(23)

2.1.5. PHYLUM EUGLENOPHYTA (Euglénidos)

Este phylum está constituido por más de trescientas especies, cuyo representante típico es el flagelado Euglena. Los euglénidos en su mayoría habitan aguas dulces. Tienen un núcleo definido y cloroplastos de color verde brillante. Son unicelulares, flagelados (1 a 3 flagelos) y usualmente poseen paredes celulares verdaderas no rígidas. Se reproducen por división celular longitudinal. La reserva alimenticia es almacenada como un carbohidrato complejo llamado paramilo. En muchas especies se forman quistes, células rodeadas de una pared gruesa que les ayuda a soportar las condiciones desfavorables del medio ambiente. (23)

2.1.6. PHYLUM PHAEOPHYTA (Algas pardas)

Este phylum incluye miles de especies marinas. Se diferencian de las otras por tener un pigmento característico llamado ficoxantina (además de la clorofila a y c y de los pigmentos carotenoides comunes). El cuerpo de la planta siempre es pluricelular e inmóvil. Las reservas alimenticias de la célula están en forma de grasas o carbohidratos complejos. La reproducción puede ser asexual o sexual.

Algunas algas pardas como Macrocystis son ricas en potasio y yodo y son utilizadas como fuente alimenticia en algunas partes del mundo, tanto para consumo humano como animal. (23)

2.1.7. PHYLUM PYRROPHYTA (Dinoflagelados)

Estas algas son flagelados unicelulares que poseen dos flagelos y plastos verde-amarillos o pardos. Sus gruesas paredes celulares a menudo se dividen en placas celulósicas, cada una con dos surcos externos perpendiculares el uno al otro con un sólo flagelo. Son marinos y junto con las diatomeas son el alimento principal primario y básico de toda la cadena alimenticia marina. (85)

La reproducción se efectúa por división celular.

La reproducción sexual es rara o no existe. (23). La reserva alimenticia es a base de almidones o grasas. (85)

Varios miembros de este phylum son tóxicos para animales y el hombre, como se verá más adelante.

2.2. INTOXICACIONES POR ALGAS

El estudio de intoxicaciones por algas, es muy reciente, a pesar de que su toxicidad se conoce desde la antigüedad. Lo cual resulta sorprendente aún a pesar de que algunas de las toxinas producidas por ellas son de las más potentes conocidas a la fecha. Un ejemplo es la toxina producida por el dinoflagelado G. catenella, la cual causa envenenamiento en peces y cuya toxicidad es similar a la toxina de Ci. botulinum. (88)

No obstante, la falta de información y comprensión acerca de los fenómenos tóxicos se deben en gran medida a que este tipo de intoxicaciones se restringen a zonas geográficas específicas, y a que su expresión es esporádica en tiempo y espacio.

Se han reportado cinco géneros de algas como productoras de toxinas. Dentro de éstos se encuentran Chlorophycophyta (algas verdes), Cyanophycophyta (algas azul-verdes), Chryosphycohyta (algas amarillo-verdo-

sas o doradas, diatomeas), Pyrrhophycophyta (dinoflagelados) y Rhodophycophyta (algas rojas). (29)

La capacidad de estas algas para producir toxinas no es filogenética, sino más bien una unión de factores fisiológicos y ecológicos aunado todo esto a la susceptibilidad que puedan presentar los organismos afectados.

Los tipos de moléculas involucrados en la toxicidad son diversas, van desde el simple amoníaco a polipéptidos y polisacáridos complejos. (88)

2.2.1. CHLOROPHYCOPHYTA (algas verdes)

Este grupo se ha reportado como asociado con problemas de toxicidad en raras ocasiones. Dentro de este grupo los géneros más comunes como productores de toxinas son Caulerpa sp., Cheatomorpha mínima y Ulva sp.

(29)

2.2.1.1. Caulerpa sp.

El género Caulerpa, es responsable de la producción de dos sustancias tóxicas llamadas Caulerpina y Caulerpicina. Se ha demostrado la toxicidad de ambos compuestos en ratones. Las toxinas fueron aisladas originalmente

te de las especies C. racemosa, C. sertularioides, C. lentillifera y C. lamourouxii. Es curioso hacer notar que Caulerpa es probablemente el alga comestible más popular en las Filipinas, pero se vuelve tóxica en los meses lluviosos posiblemente debido a la agitación que sufre la planta. (29)

Es importante señalar que Oxynoe panamensis molusco que se alimenta de Caulerpa y que habita las aguas de La Paz, B. C., ha sido reportado como productor de un exudado tóxico para los peces. (38)

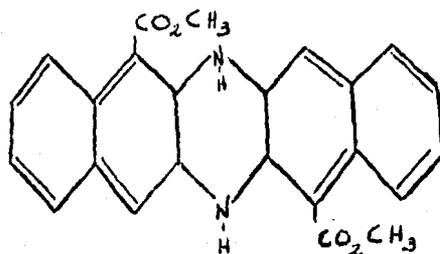
Según investigaciones realizadas por Aguilar - Santos y Doty (29), la estructura hipotética de acuerdo a los datos espectrales obtenidos es:



donde $n = 23, 24, 25$. A la fecha esta estructura no ha sido confirmada.

Los síntomas humanos fisiológicos asociados -- con esta toxina incluyen entumecimiento, sensación fría en las extremidades, respiración lenta y difícil, depresión ligera y pérdida eventual del equilibrio. Los síntomas desaparecen espontáneamente después de algunas horas, dependiendo de la dosis ingerida. (29, 38)

Con respecto a la Caulerpina, ésta se encontró que era una sustancia heterocíclica roja después de que era cristalizada de extractos de algas. Es un derivado de la pirazina. La fórmula hipotética para esta toxina resultó ser a partir de datos espectrales dimetil 6, 13-hidrodibenzo (b,i). (29)



CAULERPINA

El extracto alcohólico de Oxynoe panamensis de mostró la presencia de Caulerpina y Caulerpicina. (38)

2.2.1.2. Cheatomorpha mínima

El extracto orgánico del alga verde Cheatomorpha mínima ha mostrado capacidad hemolítica e ictiotoxicidad. El análisis espectral muestra ácidos grasos típicos tales como el ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido

oleico, ácido elaidico, ácido vacénico y el ácido alinoleico. El extracto purificado se obtuvo como un sólido - incoloro tóxico mortal para el pez Oryzias latipes. (29)

2.2.1.3. Ulva sp.

Esta es otra alga verde que posee un compuesto con actividad hemolítica. Después de varias separaciones químicas realizadas se aislaron tres distintas hemolisinas de Ulva pertussa. Una de ellas resultó ser liposoluble y las otras dos solubles en agua. La hemolisina liposoluble fue identificada como ácido palmítico.

Las hemolisinas solubles en agua resultaron -- ser similares en características químicas y físicas. A pesar de que la estructura química para ambas aún no ha sido elucidado, ambas comparten propiedades químicas y biológicas que ya se han determinado. En base al espectro infrarrojo una de las hemolisinas hidrosolubles tiene la fórmula $C_{31}H_{58}O_{14}$. La otra es un sulfolípido con una fórmula de $C_{25}H_{47}O_{11}SK$.

2.2. CYANOPHYCOPHYTA

Este género de algas es responsable de la mayoría de las muertes en peces, ganado de cría, aves acuáticas

cas y humanos. (49). Dentro de los géneros que muestran características tóxicas se incluyen a Anabaena, Aphanizomenon, Coelosphaerium, Gloeotrichis, Lyngbea, Microcystis, Nodularia y Nostoc. (29).

Las áreas más afectadas son los planos norte de Norteamérica, que son los lugares que se han reportado más casos de toxicidad. Esto sucede principalmente en los meses de verano cuando se presentan las condiciones óptimas para dar origen a una explosión demográfica de estos organismos. (29)

Aparte de que a este género se le considera tóxico se ha encontrado que ciertas especies que se desarrollan en aguas potables para consumo humano o animal producen desórdenes gastrointestinales no mortales. Dentro de estas especies se encuentran implicadas Schizotrix calcicola, Oscillatoria sp. y Microcystis aeruginosa. A pesar de que no se ha identificado químicamente al componente del alga responsable, puede ser posible que el alga sea la responsable de que la calidad del agua cambie. (29)

A últimas fechas experimentos realizados con Nostoc rivulare, demuestran que este posee compuestos de actividad carcinogénica. (29)

2.2.2.1. Microcystis aeruginosa

Esta es el alga que causa más daño dentro del género. El compuesto tóxico de esta alga fue el primero en caracterizarse químicamente (en términos de las proporciones en que se encontraban los aminoácidos que estaban presentes en los polipéptidos que integran la toxina). Sin embargo, la estructura química de las toxinas asociadas con esta alga no han sido dilucidadas. La toxina afecta principalmente el sistema nervioso central y al hígado del ganado vacuno, ovino y al hombre. (59)

La mortalidad de los peces debido a explosiones demográficas de esta alga es por la falta de oxígeno en el agua, aunque en ciertas condiciones las toxinas del alga permanecen en el agua causando la muerte de los peces. (29)

La toxina de este organismo es una endotoxina. Al aislarse la toxina se encontró que es soluble en --- agua, etanol (96%) y metanol, insoluble en cloroformo, éter y acetona y etanol absoluto. Es termoestable en soluciones neutras y no se inactiva si se le expone a 120^o C durante 30 min. (88)

La toxina de M.aeruginosa es un agente citotóxico que actúa rápidamente causando daño celular genera-

lizado con una gran afinidad hacia las células hepáticas. La toxina es extremadamente potente. (88,69)

A partir de la toxina de M. aeruginosa se aisló una cadena de polipéptidos llamada "NRC-1", de la cual -- fueron aisladas posteriormente dos toxinas. (88). Una de ellas fue el factor SEF el cual produce la muerte en ratones en un período de 4 a 48 hrs., y el factor FDF que produce la muerte de 1 a 3 hrs. Un nombre alternativo para este último factor es el de Microcistina. (29)

En 1974, (29), un grupo de investigadores rusos aisló otra toxina a partir de M. aeruginosa. El peso molecular para este compuesto es aproximadamente de ---- 19,400. La toxina contiene también un polipéptido el -- cual por hidrólisis se ha visto que posee 16 aminoácidos comunes. (29)

Otra toxina aislada ha sido la N. aeruginosa Kützing, la cual produce diarrea. En la actualidad se encuentra en estudio.

2.2.2.2. Anabaena flos-aquae

Esta alga azul-verde representa un gran peligro, especialmente para los organismos que beben del agua dulce de pantanos y lagos durante los meses de verano. (69)

Su toxicidad afecta a los ruminantes, aves acuáticas, aunque Carmichael y Corham (28), sugieren que estas especies son más sensibles a esta toxina que otros animales. Este hecho de que esta toxina mate a aves acuáticas la diferencia del factor FDF de M. aeruginosa, la cual no es tóxica para estos animales. (29)

La toxina de Anabaena fue nombrada como VFDF - para distinguirla del factor FDF de Microcystis.

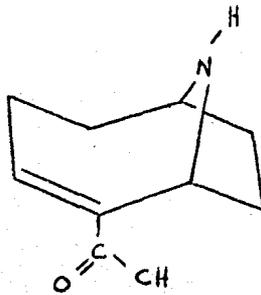
El tiempo necesario para que FDF cause la muerte en animales es de 1 a 3 hrs., mientras que VFDF la causa en animales de laboratorio de 1 a 25 min. Los síntomas que preceden la muerte incluyen parálisis, temblores y convulsiones. La muerte se debe generalmente a paro respiratorio.

Fisiológicamente esta toxina actúa como un agente despolarizante neuromuscular, y dado que la toxina tiene un peso molecular muy bajo es rápidamente absorbida cuando es ingerida por vía oral.

Anabaena flos-aquae al igual que M. aeruginosa, tiene cadenas tóxicas y atóxicas. Corham encontró y concluyó que la toxicidad de las cadenas dependía de las condiciones ambientales. Tal resultó ser el caso de la toxina NRC 44-1 que permanecía estable a condiciones estándar y variaba con la luz y temperatura.

La VFDF es una exotoxina que secreta Anabaena - al agua que la rodea. Químicamente la VFDF posee la propiedad de ser soluble en agua, etanol, calor, en presencia de luz, además de que es lábil a las soluciones alcalinas. (69)

En los últimos años a la toxina VFDF se le ha llamado Anatoxina A. La estructura química es 2-acetil-9 azabicyclo (4.2.1.) non-23-ene.



ANATOXINA A

Carmichael y Verham (69) sostienen la hipótesis de que existen al menos otras tres toxinas (Anatoxinas E, C y D) producidas por An. flos-aquae. (29)

2.2.2.2. Aphanizomenon flos-aquae

El alga azul-verde Aphanizomenon flos-aquae habita principalmente los lagos templados de los Estados Unidos y el Canadá y es la responsable de la producción -

de una potente neurotoxina. (29)

Dicha toxina se compone en parte de Saxitoxina y otras tres partes químicas desconocidas. (69). Es interesante hacer notar que la Saxitoxina es producida también por el dinoflagelado Gonyaulax catenella, a pesar de que esta última desarrolla en agua de mar. (29)

Como es el caso de otras toxinas, la producción de la toxina de Aphanizomenon puede ser activada o inhibida por varios factores ambientales. También como sucede en otras especies de algas, Aphanizomenon posee clones tóxicos y no tóxicos. (29)

La toxina es estable al calor y a los ácidos, pero es inestable en soluciones alcalinas, es muy soluble en agua y puede ser dializable. También es higroscópica y resistente a la cristalización. La hidrogenación generalmente no destruye su toxicidad, a pesar de que la hidrogenación en la Saxitoxina si la destruye. (29)

Las toxinas producidas en explosiones demográficas por estas algas son las responsables de las muertes en ganado y peces. (29)

Los síntomas que se presentan y causan la muerte son similares a los causados por las toxinas de las otras algas azul-verdes. Por ejemplo, los ratones presen-

tan respiración irregular, boca abierta, espasmos, pérdida de la coordinación, temblores violentos y muerte debida a paro respiratorio. Si la toxina se administra a peces en un principio su piel se torna oscura en la zona de la cabeza, después este oscurecimiento avanza a lo largo del cuerpo, con pérdida de coordinación y poco después sobreviene la muerte.

Fisiológicamente las toxinas de Aphanizomenon con inhibidores neuromusculares que operan a nivel membrana. El mecanismo de acción de estas toxinas se cree que sea el bloqueo de los potenciales de acción, impidiendo el flujo de sodio y por lo tanto también la conducción nerviosa. No se presenta despolarización de las fibras nerviosas, debido a que no se afecta el transporte de potasio en la célula. (69)

2.2.2.4. Cianofitas marinas tóxicas

Todas las anteriores cianoficéas han recibido especial interés debido a las muertes que ocasionan. Pero en los últimos años se han investigado de igual forma las cianofitas marinas, debido a que se ha demostrado que poseen toxicidad.

2.2.2.4.1. Schizothrix calcicola

Se han extraído dos toxinas liposolubles a partir de esta alga. Las estructuras a la fecha no han sido dilucidadas. A esta alga se le atribuye la toxicidad de los peces en Narakoi en las Islas Gilbert. (29)

2.2.2.4.2. Lyngbya gracilis

Pertenece a la familia Oscillatoriaceae, y es el alga más tóxica de este grupo. El componente tóxico es la Debromaplisiatoxina. (figura 3) (29)

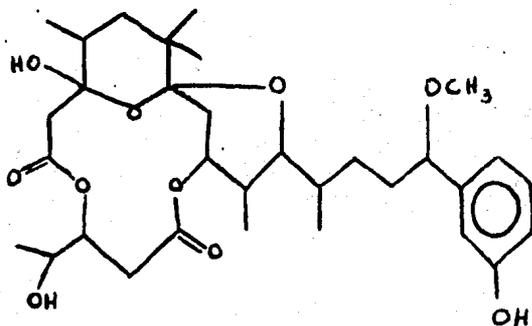


fig. 3

Este compuesto ha demostrado poseer actividad antileucémica. (29)

2.2.2.4.3. Lyngbya majuscula

La toxina que se ha aislado de esta alga es la

Linblatorina A. Su estructura es nitrogenada, ópticamente activa y de naturaleza no básica. La fórmula de esta toxina es $C_{27}H_{39}N_3O_2$. (29)

2.2.3. CHRYSOPHYCOPHYTA

Al phylum Chrysophycophyta pertenecen tres diferentes clases de algas como se ha visto antes. De esta familia casi todo lo publicado se refiere a Prymnesium parvum y Ochromonas sp. Sin embargo, existe un caso de enteritis granulomatosa en Catostomus commersoni por diatomeas.

2.2.3.1. Prymnesium parvum

Es un alga pequeña marina (10 μ m de diámetro) posee dos flagelos, un haptonema y una superficie escamosa. Esta se le ha asociado en los últimos años con ictiotoxicidad en el norte de Europa. (23, 38, 86, 88). Las toxinas de esta alga poseen actividad hemolítica, citotóxica e ictiotóxica. (29). Son exotoxinas y forman micelas, son lábiles e higroscópicas. (88). El mecanismo de acción de las toxinas es debido a un cambio de permeabilidad en las membranas celulares. Como resultado de esto, las células de los organismos afectados se lisan. (29)

Asimismo, se bloquea el impulso neuromotor en la membrana postsináptica de la unión neuromuscular sin causar despolarización. (29)

En Israel, se controlan las poblaciones de P. parvum usando una baja concentración de solución amoniacal el cual lisa a las células. (29)

2.2.3.2. Ochromonas sp.

Se ha encontrado que ciertas especies como O. malhamensis, O. danica y O. minuta son tóxicas. De estas algas se han aislado dos factores tóxicos llamados Ta y Tm. Ambas toxinas poseen actividades ichtiotóxicas, hemolíticas y antiespasmódicas. (29)

2.2.4. RHODOPHYCOPHYTA

Las carrageninas son mezclas heterógenas de polisacáridos aniónicos que son extraídos de ciertas algas de la familia Rhodophycophyta. La composición química de estas moléculas incluye derivados de galactosa, 3,6-anhidrogalactosa y galactosa sulfatada. Se han aislado carrageninas de los siguientes géneros: Chondrus, Giganti-
na, Hypnea, Rhodymenia, Irideae, Gracilaria, Fucellaria,

Polydes y Eucheuma. (29)

Las carrageninas tienen la capacidad de inducir serios efectos fisiológicos, tales como edema, respuestas inflamatorias crónicas (granulomas), inhibición de C_1 en la secuencia del complemento, toxicidad selectiva hacia los macrófagos y una fuerte inmunosupresión. Los efectos de las carrageninas son resultado de su uso indiscriminado como aditivos para alimentos y como droga en usos terapéuticos. Como resultado de sus implicaciones en la salud su uso se ha restringido y controlado en algunas partes del mundo. (29)

2.2.5. PYRROPHYCOPHYTA

Los miembros de esta familia son conocidos como dinoflagelados. (23)

El alga está dividida en dos secciones. En casi todos los casos, las células tienen dos flagelos. Los dinoflagelados tóxicos son de vida marina. Miden alrededor de 40 a 60 μ m de diámetro.

Dentro de los géneros tóxicos se encuentran Gonyaulax, Gymnodinium, Gammodiscus toxicus, Pyrodinium - phoneus, Peridinium polonicum, Amphidinium sp., Noctiluca miliaris y Exuviella mariae-lebouriae. (29)

2.2.5.1. Peridinium polonicum

Este dinoflagelado es habitante de aguas dulces. Existe la evidencia de que posee ictiotoxicidad. (29)

2.2.5.2. Amphidinium sp.

También este dinoflagelado posee ictiotoxicidad. Dentro de las especies tóxicas se encuentran A. klebsii y A. rhynchocephalum y A. carteri. La estructura de la toxina es del tipo de la colina. (29). Las propiedades toxicológicas del extracto colina del alga no han sido probadas.

2.2.5.3. Noctiluca miliaris

Este dinoflagelado es responsable de mareas rojas de primavera a verano en el Mar Seto en el Japón. Los organismos pueden cubrir varios km^2 de superficie. La explosión demográfica de la población de N. miliaris causa envenenamiento en muchos peces e invertebrados debido a la toxina que poseen. También se ha encontrado que la ictiotoxicidad está relacionada con el contenido de amonio en el alga. (29)

2.2.5.4. Gymnodinium sp.

Este dinoflagelado marino tiene dos especies -

tóxicas, G. breve y G. veneficum. El primero se encuentra predominantemente en el Golfo de México y es el agente -- causante de las mareas rojas del lugar. G. veneficum habi ta en Europa, principalmente en el Canal Inglés. La ac--- ción y características de las toxinas de estos dinoflagelo- lados se discutirán más adelante. (2)

2.2.5.5. Gonyaulax sp.

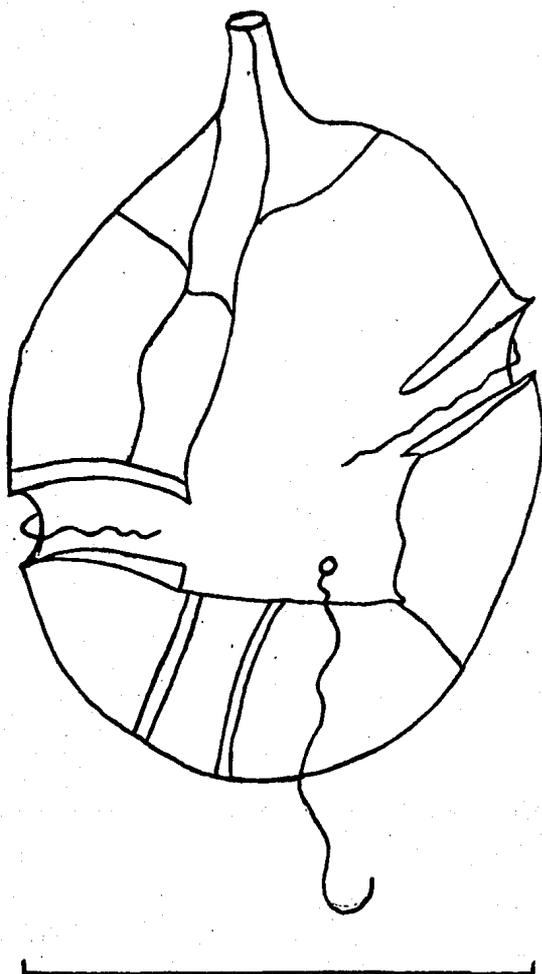
Existen seis diferentes especies de este género reportadas como tóxicas. Las especies G. catenella, G. -- acatenella y G. tamarensis son responsables de la "Intoxi cación Paralítica por Mariscos": (PSP) (Paralytic ---- Shellfish Poisoning). G. monilata y G. polygramma se les ha relacionado con ictiotoxicidad. (figura 4)

Estas especies junto con las toxinas involucra- das serán analizadas en puntos posteriores.

2.2.5.6. Gamberdiscus toxicus

Este dinoflagelado marino, en años recientes se le asoció como agente de la ciguatera. Su habitat son las aguas tropicales. La acción de su toxina es muy potente - causando serios desórdenes fisiológicos en humanos. Más - adelante se le discutirá más ampliamente.

figura 4

50 μ Gonyaulax sp.

2.3. TIPOS DE INTOXICACIONES

Aunque en la naturaleza la intoxicación parenteral es más importante que la oral, la ingestión de invertebrados tóxicos ha despertado gran interés científico. - Este es el caso de la explosión demográfica periódica de los dinoflagelados, también conocida como "marea roja". - Estos organismos sirven de alimento a los moluscos filtradores.

A las biotoxinas de los dinoflagelados se les considera endógenas, mientras que las de los moluscos filtradores alimentados por este tipo de algas son exógenas.

(29)

Dependiendo del efecto tóxico causado por los dinoflagelados existen tres tipos de intoxicaciones provo cadas por éstos:

a) Intoxicación directa de animales marinos, por consumo de dinoflagelados, cuando se presenta alguna marea roja o por la liberación de endotoxinas, esto último involucrando envenenamiento de peces y moluscos.

b) Intoxicación mediada, ocurre cuando los dinoflagelados tóxicos se concentran en crustáceos o moluscos filtradores, convirtiéndose éstos en altamente venenosos para los animales que se alimentan de ellos.

c) En este tercer tipo se incluyen dinoflagelados de toxicidad probada, pero que todavía no se conocen involucrados en alguna intoxicación en la naturaleza. -- (G. veneficum, G. polyedra). (88)

La expresión del fenómeno tóxico y las formas - mediante las cuales las toxinas se acumulan son variables. En el hombre afectan principalmente los centros respiratorios y vasomotores del sistema nervioso central, así como las terminaciones táctiles cutáneas y uniones neuromusculares en el sistema periférico produciendo parálisis. Dentro de los síntomas que se presentan con mayor frecuencia se encuentran entumecimiento peribucal, mareos, debilidad, vómitos, parálisis respiratoria, así como males gastrointestinales, eritemas e incluso irritaciones nasales y oculares cuando la marea roja es muy grande. (55,88)

2.3.1. INTOXICACIONES POR DINOFLAGELADOS

La toxina producida por los dinoflagelados ha sido identificada como una saxitoxina termoestable, neurotóxica y paralizante. A la fecha no existe una antitoxina que contrarreste sus efectos. (34)

2.3.1.1. Gonyaulax monilata

Esta especie fue identificada por primera vez - en 1953. Es causante de mortandad de peces en la costa -- oriental de Florida. Este dinoflagelado produce una potente neurotoxina. G. monilata se encuentra ampliamente distribuida en el Golfo de México, principalmente en aguas - costeras y estuarinas. (100)

En 1979, se presentó una marea roja en las costas de Mazatlán, Sinaloa siendo el organismo causal G. monilata. Es la primera vez que este dinoflagelado produce una explosión demográfica en el Océano Pacífico. En este caso, hubo tres defunciones. (34)

2.3.2.2. Protogonyaulax sp.

Este organismo produce una toxina que se acumula en el tracto digestivo u otros órganos de los moluscos. (76). Produce PSP.

2.3.2.3. Dinophysis fortii

El dinoflagelado causante de intoxicación diarréica por consumo de mariscos es Dinophysis fortii. La toxina que produce causa principalmente desórdenes gastrointestinales. A esta toxina se le conoce como Dinofisistoxina. (111). El organismo transmite la toxina al molusco. Al género Dinophysis no se le había considerado tóxico, -

sin embargo, de acuerdo a Kat (57,58) este tipo de intoxicación ocurre a menudo en la costa del Mar del Norte. En este caso el dinoflagelado involucrado es D. acuminata.

2.3.2.4. Gonyaulax catenella

Una de las toxinas más estudiadas es la de G. catenella. Se ha reportado que esta toxina es estable en soluciones ácidas, soluble en agua, dializable y relativamente estable al calor cuando se acidifica, la toxina es rápidamente degradada a pH muy alcalino y guarda similitud con la Saxitoxina obtenida de las almejas de Alaska y el tóxico de los mejillones de Baja California. Se calcula que el 6.5% del peso seco de Gonyaulax es toxina. (29)

La fórmula empírica para la toxina es $C_{10}H_{17}N_7O_4 \cdot 2HCl$. Posee un peso molecular de 372. La estructura contiene un sistema anillo con 1 ó 2 grupos guanidina como parte de la molécula. (29)

El período de eliminación de las toxinas varía de molusco a molusco. Los mejillones tienden a eliminar la toxina rápidamente y pierden la mitad de la toxicidad al cabo de 10 días si son mantenidos en acuarios. Mientras que las almejas mantequilla retienen la toxicidad por varios meses. (29)

La toxina de G. catenella es una potente neuro-

toxina que posee efectos dramáticos centrales y periféricos. Los efectos sobre el sistema nervioso central incluyen acción sobre la unión neuromuscular y las terminaciones nerviosas sensoriales. Esta toxina está asociada con PSP en el Pacífico. (1,13,18,29)

2.3.2.5. Gonyaulax tamarensis

Es el responsable de PSP en la región norte del Atlántico; las toxinas producidas por G. tamarensis son idénticas a las de G. catenella. (29). Ambas toxinas de los dos dinoflagelados anteriores, son alcaloides neurotóxicos, los cuales interfieren la conducción nerviosa y bloquean el potencial de acción muscular.

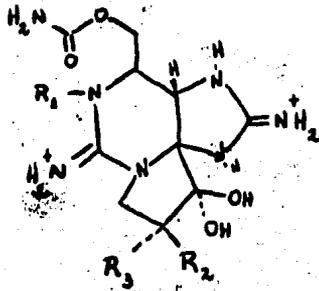
G. tamarensis contiene más de 7 toxinas incluyendo a la Saxitoxina. También es responsable de PSP. (figura 5) (42)

Estas toxinas aisladas de G. tamarensis son: GTX-1, GTX-2, GTX-3, GTX-4, GTX-5, neosaxitoxina y saxitoxina. Las propiedades químicas de todas estas toxinas son muy similares. Todas son higroscópicas y altamente solubles en H_2O . Son difíciles de clasificar químicamente porque no son cristalinas, son altamente polares y no volátiles. (29,42)

La estructura de la Neosaxitoxina fue reportada como 1-hidroxisaxitoxina mientras que las estructuras de GTX-2 y GTX-3 resultaron ser 11 α -hidroxisaxitoxina.

y 11- β -hidroxisaxitoxina. Las estructuras para GTX-1 y GTX-4 han sido también recientemente propuestas como 11- -hidroxineosaxitoxina sulfato y sulfato de 11- -hidroxineosaxitoxina respectivamente.

Estudios realizados muestran que la sustitución de N-1 y/o C-11 tiene tendencia a decrecer la toxicidad excepto en el caso de GTX-3 la cual mostró toxicidad comparable a la de Saxitoxina.



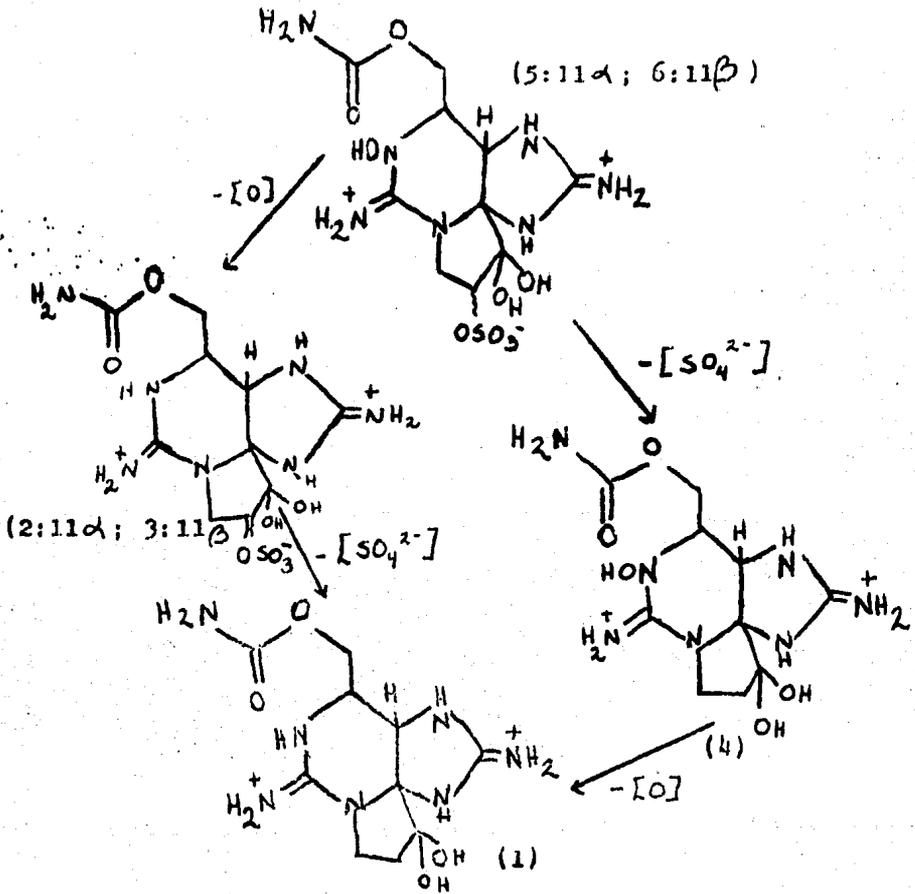
	R ₁	R ₂	R ₃
Saxitoxina	H	H	H
Neosaxitoxina	OH	H	H
GTX-1	OH	H	OSO ₃
GTX-2	H	H	OSO ₃
GTX-3	H	OSO ₃	H
GTX-4	OH	OSO ₃	H

(figura 5)

El hecho de que las estructuras de GTX-3 y GTX-2 hayan sido reportadas con las estructuras ya mencionadas, asimismo GTX-1 y GTX-4 indica que la conversión tiene que involucrar un proceso reductivo. Este proceso consiste en la reducción del N-óxido y la hidrólisis reductora del grupo sulfato-O, la eliminación reductora de óxidos-N es una reacción común, pero la hidrogenólisis de grupos sulfato-O pudiera ser sin precedente en sistemas biológicos. El proceso metabólico normal sigue la vía reversible, llamada hidroxilación y la conjugación subsecuente de sulfato. Sin embargo, es posible que un grupo donador como el sulfato-O pueda ser fácilmente hidrogenolizado. De hecho, una reducción suave (polvo de Zn y HCl) de GTX-1 da una mezcla de GTX-2 y Neosaxitoxina, la cual es eventualmente reducida a Saxitoxina. (89) (figura 6)

A nivel celular, la acción fisiológica de las toxinas de G. tamarensis es el bloqueo de moléculas de sodio que atraviesan pasivamente las membranas excitadas, lo que provoca que no se establezca un potencial de acción. Las toxinas tienen un efecto insignificante en permeabilidad para K^+ y Cl^- . Esto da por resultado un bloqueo en la conducción axonal y muscular, mientras que en la sinapsis neuromuscular el efecto es mínimo.

Este Bloqueo ocurre sin que se presente despolarización.



Estructuras y relación bioquímica de las toxinas CTX-1 (5), GTX-2 (2), GTX-3 (3), GTX-4 (6), neosaxitoxina (4) y saxitoxina (1)

(figura 6)

Estudios japoneses realizados en 1980, demuestran que las veneras (Patinopecten yessoensis), reducen la toxicidad que poseen debido a las toxinas de PSP durante los procesos de enlatado y almacenamiento. (74,75)

2.3.2.6. Gymnodinium breve

Este es otro dinoflagelado productor de toxinas el cual periódicamente explota demográficamente en el Golfo y costas del Atlántico de Florida. Este dinoflagelado produce dos toxinas diferentes. Ambas toxinas poseen diferentes solubilidades con respecto a otras toxinas de dinoflagelados. La fórmula de la toxina de G. breve es $C_{25}H_{42}O_8P_0.2$. (88)

* Una de las toxinas de G. breve parece actuar estimulando las fibras nerviosas colinérgicas. No ha habido reportes de parálisis en humanos con este tipo de toxina. Los aerosoles de la toxina, sin embargo, -- causan un síndrome rápido reversible de irritación en la conjuntiva, rinorrea y tos no productiva en personas que se encuentran cercanas a las playas. (2)

Se ha propuesto que la toxina actúa como un agente despolarizante, bloqueando la transmisión nerviosa y bajando o eliminando los potenciales de reposo de la membrana celular. Asimismo reduce la habilidad de ...

nervios y músculos para transmitir los potenciales de acción. (88)

Los efectos farmacológicos sistémicos son a nivel de sistema nervioso central, desarrollándose calosfríos, vértigo y pulso lento, así como atoxia, pupilas dilatadas, diarrea leve y sensaciones de hormigueo. Este tipo de toxina no tiene actividad letal hemolítica.

Actualmente estudios realizados con G. breve, establecen que una de las toxinas es neurotóxica sin causar daño citológico y que la otra es una hemolisina. (88)

2.3.2.7 Gamberdiscus toxicus

La ciguatoxina es otro tipo de toxina producida por este dinoflagelado. La toxina es liposoluble, neurotóxica. Su estructura química y mecanismo de acción no están claramente definidos. Es estable al calor, por eso aunque el pescado se cocine puede seguir permaneciendo tóxico para consumo humano. Se hablará más adelante de síntomas que se presentan con la ingestión de pescado contaminado con esta toxina. (19)

2.3.2.8 Peridinium polonicum

Si se presenta explosión demográfica de dinoflagelados en aguas dulces se trata de Peridinium polonicum. Produce una toxina que es soluble en agua, diluye ácidos orgánicos e inorgánicos, metanol acuoso, etanol y aceto-

na. En un principio a esta toxina se le llamó glenodina. Pero después de una identificación tentativa del género Glenodinium. Esta toxina muestra ser estable en ácido acético 0.1 N a 100°C por 10 min. pero resulta inestable cuando se seca. (29,88)

2.4. DINOFLAGELADOS

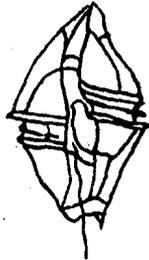
2.4.1. EVOLUCION DE LOS DINOFLAGELADOS

Los dinoflagelados son microorganismos unicelulares con un biflagelo y se caracterizan por la presencia de pigmentos distintivos y estructuras nucleares. Son uno de los grupos más importantes del fitoplancton y forman parte de la cadena alimenticia acuática, ayudando a mantener el suministro de oxígeno atmosférico terrestre.

Los dinoflagelados son los agentes causales de la marea roja, ciguatera, intoxicación alimentaria por mariscos y diarrea por intoxicación con mariscos. Hay algunos que sólo producen luminescencia en el mar. (33)

En cuanto a su estilo de vida, (figura 7), muchos son planctónicos, algunos viven en la superficie de mares y lagos. Otros habitan en la arena de las playas y algunos otros son simbiosis o parásitos. La mayoría son autotróficos, aunque existen algunas espe---

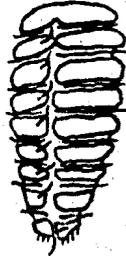
VARIOS TIPOS DE DINOFLAGELADOS



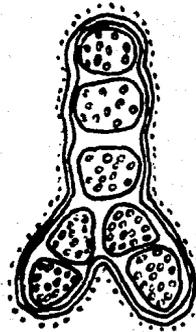
A



B



C



D

- A) Gonyaulax, unicelular, biflagelado, forma teardrop
 B) Dinamoebidium, forma ameboides
 C) Dinotrix, forma filamentosa
 D) Polykrikos, forma colonial móvil

(figura 7)

oies heterotróficas. Su ciclo de vida puede ser complejo en ocasiones y tener varios estadios. (26)

2.4.1.1. Evolución temprana

Dos formas básicas de organización celular son reconocidas por los biólogos. Estas formas son la procariota (bacterias y algas azul-verdes) y la eucariota. - (85)

En 1957, (46), se reconoció la naturaleza inusual del núcleo de los dinoflagelados. Años más tarde, - (36,65), se encontró que los dinoflagelados eran organismos inusuales ya que compartían características de procariotes y de eucariotes.

Las características procarióticas de los dinoflagelados están determinadas por:

1) El diámetro fibrilar de la cromatina (3-6-nm).

2) Las proteínas básicas, típicas de los eucariotes, no se han detectado en los dinoflagelados de vida libre, y las proteínas presentes en los dinoflagelados parásitos difieren cualitativa y cuantitativamente respecto a los eucariotes.

3) El arreglo fibrilar del cromosoma es similar al nucleóide bacteriano, ambos con remolinos de fibrillas. Esto podría ser debido al bajo nivel de proteí-

nas cromosomales en la cromatina dinoflagelar, lo cual permite plegarse en un estado similar al que asume el cromosoma bacteriano.

Sin embargo, el núcleo de los dinoflagelados tiene varias características eucariotas (65):

1) Como en los eucariotes, hay una fase discreta de síntesis de DNA en los dinoflagelados en contraste al patrón procariota de síntesis continua de DNA.

2) Aunque la presencia de proteínas básicas no se han detectado en los dinoflagelados de vida libre, algunos de vida parásita sí contienen esta clase de proteínas.

3) Los dinoflagelados de vida libre tienen muchos túneles citoplasmáticos alineados a la membrana, atravesando el núcleo dividido. Estos túneles contienen microtúbulos extranucleares elongados.

La combinación de características eucariotas y procariotas guió a Hodge (36) a postular que los dinoflagelados (para los cuales propuso el término Mesocariota) se encontraban en un estado intermedio de organización nuclear entre los procariotes y eucariotes.

En 1976, Loeblich (65) concluyó que los dinoflagelados son un grupo antiguo geológicamente y divergen -- de la línea alta de eucariotes antes de la evolución de la cromatina eucariótica pero después de la evolución del

La repetido".

La hipótesis de Loeblich, sugiere que los precursores de los dinoflagelados con organización mesocariótica existieron hace 900 millones de años y posiblemente más de 1 700 millones de años atrás cuando los primeros eucariotes se desarrollaron. (65) (figura 8)

2.4.1.2 Clasificación de los Pyrrophyta

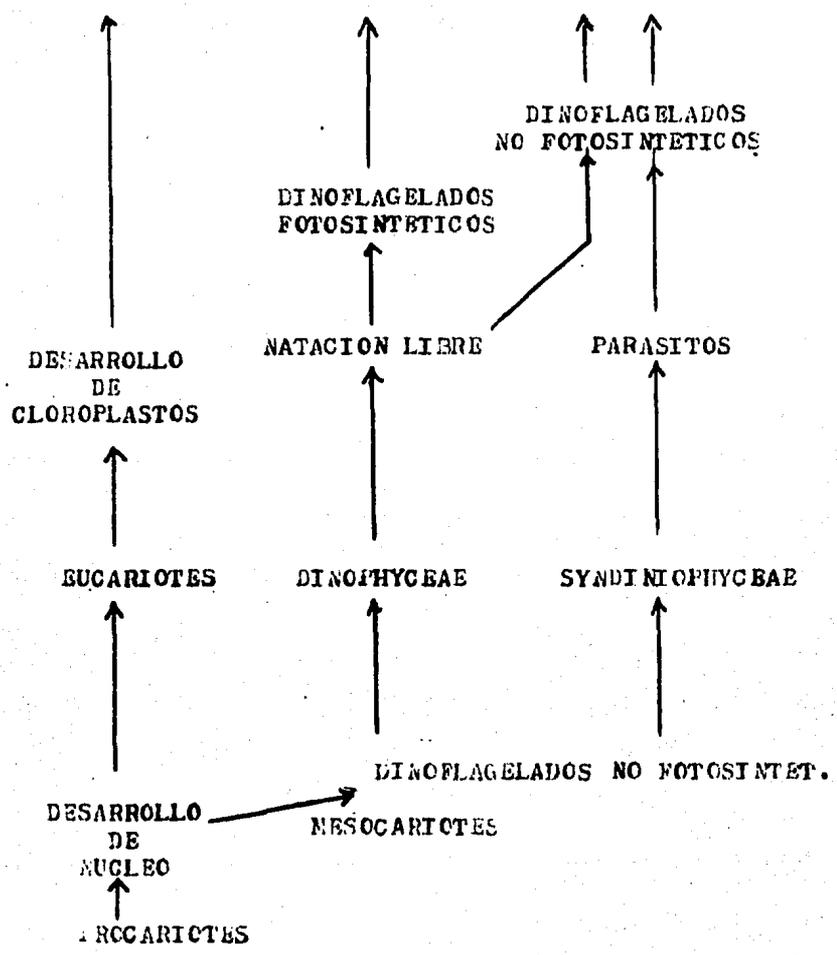
Se han desarrollado cinco clases en los Pirrophyta, dos de las cuales, los Ebrriophyceae y los Ellobiophyceae, son pequeños y muy poco se conoce de ellos. --- Otros dos clases los Dinophyceae y los Desmophyceae, fueron combinados por Dodge y Loeblich en una sola clase: los Dinophyceae. (36,65). La clase Syndiniophyceae fue establecida por Loeblich para los dinoflagelados parásitos intracelulares con características nucleares anómalas. (65) (Tabla 1)

Las características para cada una de las clases son las siguientes: (23)

Clase Ebrriophyceae: células incoloras, biflageladas, sin cubierta externa resistente, se presenta un esqueleto silíceo interno.

Clase Ellobiophyceae: células parásitas.

Clase Syndiniophyceae: células parásitas, núcleo con bajo número de cromosomas.



POSIBLE PATRON DE EVOLUCION DE LOS DINOFLAGELADOS, BASADO EN EN LOS TRABAJOS DE DODGE (1965) y LOBELICH (1976). (26)

(figura 3)

Clase Dinophyceae: células móviles biflageladas un flagelo localizado en un canal alineado transversalmente y con movimiento vibratorio, el otro flagelo se encuentra alineado longitudinalmente y se extiende en dirección posterior en la célula.

Clase Desmophyceae: células móviles con dos flagelos insertados apical y subapicalmente, uno en dirección longitudinal en la parte delantera y el otro en un plano perpendicular al primero y circundándolo.

T A B L A 1

 CLASIFICACION DE LA DIVISION PYRRHOPHYTA (según Loeblich)

CLASE	NUM. DE ORDENES	TIPO DE VIDA
Dinophyceae	15 incluyendo a: Gymnodiniales Dinophysiales Peridiniales Prorocentrales	Predominante- te natación - libre.
Sindiniophyceae	1	Parásitos intracelula-- res
Ebriophyceae	1	Heterotros o fagotrofos
Ellobiophyceae	1	Parásitos con un estado ve- getativo fila- mentoso.

2.4.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS DINOFLAGELADOS

La clase Dinophyceae incluye 15 de los 18 órdenes de los Pyrrophyta. Muchos son de vida libre y fotosintética, y están divididos primariamente por la estructura de su pared celular, la dirección al nadar y - la posición del flagelo.

Pueden ser desarmados si es que carecen de cubierta celulósica o armados si tienen pared celulósica (teca) dividida en varias láminas. (85)

ORDEN	CARACTERISTICAS
Prorocentrales	Armados con dos flagelos anteriores
Dinophysiales	Armados con dos válvulas subsimétricas separadas sagitalmente, ambos flagelos provienen de la parte ventral
Gymnodiniales	Desarmados, ambos flagelos parten de la zona ventral
Peridinales	Armados con numeros láminas arregladas en series latitudinales, ambos flagelos parten de la zona ventral

Desde el punto de vista taxonómico, zoólogos y botánicos discuten si Gonyaulax y Gymnodinium son protozoarios o microalgas, debido a que se tratan de organismos unicelulares fotosintéticos. Se les clasifica de la siguiente manera: Phylum: Protozoa, Subphylum: Sarcomastigophora, Superclase: Chromonadea, Clase: Crysomonadea, Orden: Dinoflagellida y Género: Gonyaulax sp. y Gymnodinium sp.

2.4.3. ECOLOGIA DE LOS DINOFLAGELADOS

El plancton o más específicamente plantas microscópicas marinas contiene al fitoplancton, el cual forma parte importante de la cadena alimenticia en los medios acuáticos. Su distribución controla todo el patrón de vida en los mares. También posee una importancia indirecta importante, ya que se le reconoce ahora involucrado en la formación de petróleo.

Un número de grupos de plantas microscópicas constituyen el plancton, entre ellos se encuentran los silicoflagelados, chrysoanadines, ebridinos, cryptomonades, algas azul-verdes y los Prasinophyceae. Cada uno de estos grupos revisten importancia en la vida acuática local. Sin embargo, tres grupos son de particular interés: las diatomeas, los coccolitoforos y los dinoflagelados. Su abundancia varía de acuerdo a la estación, dis-

tribución geográfica y profundidad. (9)

El fitoplancton se encuentra por debajo de una considerable profundidad en los océanos, se encuentra en abundancia debajo de la zona llamada "profundidad de compensación", en donde la penetración de la luz se vuelve inadecuada para permitir la suficiente producción de oxígeno mediante la fotosíntesis para mantener la demanda de respiración. La temperatura del agua también es controlada por la luz solar. La intensa radiación no resulta favorable, y es por esta razón, que las aguas superficiales están virtualmente desprovistas de plancton en los días soleados. (16,23,29)

Los organismos del fitoplancton prefieren mantenerse con relaciones constantes de luz/temperatura, aunque algunas especies son más tolerantes a los cambios bruscos de condiciones. En busca de un ambiente favorable, los organismos migran hacia abajo cuando el sol está cerca o en el punto más alto y regresan a la superficie cuando se pone. Cuando la oscuridad es completa una fracción del fitoplancton migra hacia abajo otra vez. Esta segunda migración representa un intento de explotar más completamente el potencial nutricional del agua, ya sea absorbiendo o ingiriendo los nutrientes, especialmente el nitrógeno, de capas inferiores durante el período cuando la fotosíntesis es imposible.

Especies individuales de dinoflagelados migran en forma vertical unos cuantos cientos de pies diariamente, un considerable viaje para organismos cuyo tamaño raramente excede a las 200 μ . El mecanismo de migración aún no se entiende bien. Se ha descartado el hecho de que se trate de fototaxis, ya que experimentos llevados a cabo, demuestran que al encender o apagar una fuente luminosa en un tanque de experimentos, la migración no coincide. (26,44)

Los dinoflagelados son probablemente los más importantes productores de luminescencia en los océanos. La luminescencia se desarrolla tanto en especies holofíticas como Peridinium depressum, Ceratium horridum y C. tripos como en especies halozoicas como Noctiluca miliaris. La bioluminescencia es el resultado de la reacción del oxígeno de la enzima "luciferasa" y su sustrato "luciferina". El significado funcional de luminescencia en los dinoflagelados aún no está claro. (44)

Los dinoflagelados están presentes en el fitoplancton de lagos, pantanos, estuarios y mar abierto. Como grupo, por lo tanto, son tolerantes a salinidades variables, particularmente los géneros Gymnodinium y Peridinium. (3)

Los límites de tolerancia a la temperatura varían de acuerdo a las especies; en general, las formas

que habitan las aguas profundas pueden tolerar más bajas temperaturas que aquellos que viven en aguas menos profundas, y viceversa. Los límites conocidos son de 1° C a 35° C, con un punto óptimo para la mayoría de las especies de 18° C a 25° C. (56)

Existen dinoflagelados fotosintéticos y no fotosintéticos. Son capaces de utilizar monosacáridos, disacáridos, ácidos grasos y aminoácidos. Los fotosintéticos obtienen el nitrógeno de los nitratos, varios aminoácidos, sales de amonio en bajas concentraciones, urea y ácidos úricos. Su requerimiento de vitamina es la B₁₂ y en menor cantidad la tiamina y la biotina. (73)

Aunque la mayoría de los dinoflagelados son de vida libre (móviles), el grupo posee diferentes tipos de estilo de vida. Los dinoflagelados típicamente poseen cromatóforos y se alimentan por fotosíntesis; algunos durante su ciclo de vida pierden los cromatóforos y se alimentan devorando otra clase de seres vivos; otros tienen nutrición mixta. Algunos son parásitos tanto de organismos unicelulares como multicelulares y se alimentan saprofiticamente. También se encuentran dentro de los dinoflagelados formas simbióticas. (76)

2.4.4. MORFOLOGÍA

La principal característica de los dinoflagela

dos es que poseen dos flagelos. Uno de éstos (liso y filiforme, delgado en un punto), se encuentra situado en la parte posterior del organismo proporcionándole un fuerte impulso en su movimiento, a éste se le llama flagelo longitudinal. Este flagelo surge de la parte posterior de los dos poros flagelares situados en la superficie ventral de la célula. Este flagelo se localiza en el surco longitudinal o sulcus. El otro flagelo, el transversal, surge del poro anterior y se le localiza en el surco transversal o cingulum. Este flagelo le imparte al organismo movimiento rotacional. El conjunto de los dos flagelos sirven para mantener la posición de la célula en el agua y para darle facilidad de llevar a cabo un movimiento espiral. Le este movimiento los dinoflagelados deben su nombre (dinos: rotación, arremolinarse; flagellatus, azotar) (8,85) (figura 9 y 10)

Un dinoflagelado típico posee un núcleo largo el cual está cubierto por una cubierta nuclear compuesta de dos membranas las cuales tienen numerosos poros nucleares los que encierran al espacio perinuclear. Los cromosomas pueden ser observados de formas muy distintas a lo largo del ciclo de vida. Pueden tener forma alargada, esférica y en número de 5 a 284. Están con un arreglo concéntrico en el espacio entre la cubierta nuclear y el área central. Los cromosomas de los dino-

(figura 2)

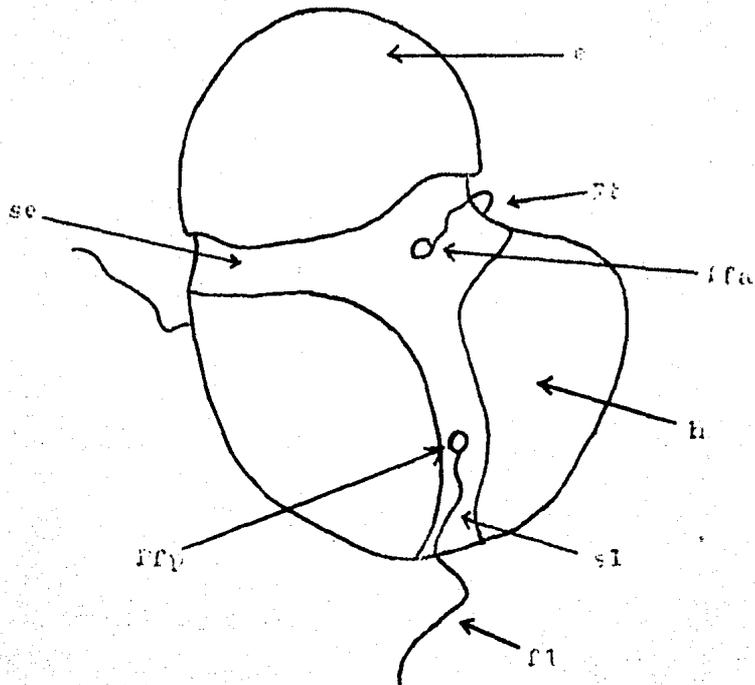
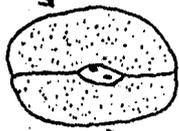


DIAGRAMA CELULAR DE UN DINOFLAGELADO COMUN
(Gymnodinium) EN VISTA VENTRAL

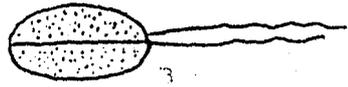
- e = epicono
- Ft = flagelo transversal
- Pfa= poro flagelar anterior
- h = hipocono
- sl = sulcus longitudinal
- fl = flagelo longitudinal
- Pfp= poro flagelo posterior
- se = sulcus ecuatorial

DIRECCION DE MOVIMIENTOS

VALVULA INTERNA

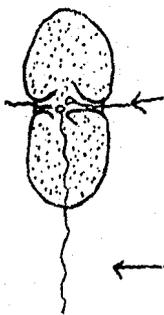


VALVULA EXTERNA



EPIPTICA

HIPOTICA



FLAGELO TRANSVERSAL

C

FLAGELO LONGITUDINAL



DIRECCION DE MOVIMIENTO

DIAGRAMA QUE MUESTRA LA RELACION MORFOLOGICA ENTRE VARIAS FORMAS BACTERIOLÓGICAS DE SPONGILLARIA Y SU RELACION CON LAS FORMAS BIFLAGELADAS (C, D).

(figura 10)

flagelados interesan muchos a los genetistas, debido a que su característica es única y aparentemente primitiva. Están compuestos por filias de una. (36,100)

Una estructura sólo conocida en los dinoflagelados (pero que no se presenta en todas las especies) es la púsula, una larga especie de cámara la cual contiene un fluido de color rosa, situado a la izquierda del surco longitudinal. Se conecta al exterior por uno o dos canales, cada uno cercano al poro flagelar. La función de la púsula es probablemente osmorregulatoria, para determinar la absorción de agua y ayudar al control de flotación. Además, el citoplasma puede contener varias vacuolas contráctiles las cuales pueden rodear a la púsula. (85)

La mitocondria puede ser de forma variable, (esférica, oval, alargada o filamentosa), está esparcida en el citoplasma, compuesta de material lipídico combinado con proteína y su función es incierta, posiblemente digestiva o asociada con actividad enzimática.

Los aparatos de Golgi son pequeños, de apariencia esférica también compuestos de material lipídico combinado con una proteína. Se los considera asociados con la excreción y se les encuentra comúnmente formando un área hemisférica encima del núcleo. Los ribosomas, estructuras de IPC, contienen RNA se encuentran dis-

tribuidos en todo el citoplasma.

Los cromatóforos, cuando están presentes se localizan alrededor de la periferia de la célula. Cada uno consiste en una serie de laminillas situadas en forma paralela entre sí, las cuales se extienden atravesando al cromatóforo. Las laminillas consisten en discos circulares planos (tilacoides). La laminilla no siempre se encuentra en forma paralela, algunas veces muestra un arreglo radial. (85,100)

Los cromatóforos son amarillos oscuros, cafés algunas veces o verdesos. Tres pigmentos son característicos de los dinoflagelados marinos: la peridina y las xantofilas: dinoxantina y diadinoxantina.

Los dinoflagelados con cromatóforos frecuentemente poseen un estigma, el cual se ve como una mancha rojiza o café-rojiza en la región externa del citoplasma, esto parece registrar la intensidad de la luz y probablemente controla la migración vertical. La forma del estigma es variable. Se puede ver en su forma más simple en los dinoflagelados desarmados.

Asociados con los cromatóforos, se encuentran en muchos dinoflagelados los pironoides, los cuales son viscosos. Están encargados de la formación de almidón, cuando los dinoflagelados carecen de ellos, los lípidos son la mayor fuente de reserva alimenticia.

Algunos dinoflagelados contienen en su membrana externa los tricoquistes, estructuras filamentosas - pegadas a la membrana tecal, los cuales son descargados violentamente bajo algún estímulo. Su función puede ser sensorial o defensiva pero aún no se comprende muy bien.

(85)

2.4.5. DINOFLAGELADOS DESARMADOS

Los dinoflagelados desarmados están agrupados en el orden de Gymnodiniales. La célula está cubierta por una envoltura o película proteica, delgada y altamente flexible. Esta película consiste en una capa delgada externa, una capa conteniendo vesículas largas y una capa gruesa interna. La película a menudo tiene la forma de un ovoide alargado, con o sin mella antiapical. En su parte final apical su forma puede ser bicónica o fusiforme. La parte de la película anterior al cingulum se le denomina epícono, la parte posterior hipocono. El hipocono es más larga que el epícono.

Todas las formas desarmadas de los dinoflagelados son predadores. Su presa debe ser digerida externamente por secreciones del citoplasma o ingerida directamente al través de la parte abierta de la superficie ventral posterior de la película.

Algunas formas desarmadas contienen crematózoros. Se alimentan por predación y fotosíntesis simultá-

neamente. Otros contienen cloroplastos solo durante la parte temprana de su estado móvil, alimentándose exclusivamente por predación en los últimos estadios, después de que los cloroplastos desaparecen. (42)

2.4.6. DINOFLAGELADOS ARMADOS

Poseen una pared celular rígida o teca, formada por platos o válvulas. Análisis realizados han mostrado que esta pared está compuesta del 98 al 99% de material orgánico, del que el 94% es celulosa, proteínas y lípidos comprimiendo el residuo. La estructura de la teca es comparable a la armadura de los caballeros medievales. El arreglo de las válvulas es constante para cualquier especie, y es esto lo que ayuda a la clasificación de los dinoflagelados. La mayoría de los dinoflagelados armados son halofíticos, aunque algunos presentan nutrición mixta.

La parte de la teca anterior al cingulum se le denomina epitoca, la parte posterior hipotoca. Esto ocurre en los Peridinales, la teca puede ser elongada y pentagonal. El ápice algunas veces es redondo, pero algunas veces puede tener una prominencia como en el caso de Gonyaulax polyedra, la cual puede extenderse y formar un cuerno apical. (35)

En los Dinophysiales la estructura está formada por dos válvulas subsimétricas, separadas por una

sutura sagital. En los Peridinales, el sulcus continúa al epiteca, pero esto no sucede en los Dinophysiales. El surco transversal es a menudo menos espiral, los dos surcos frecuentemente se unen para formar una unión en forma de "I" o "Y".

Este grupo es casi exclusivo de vida marina y tropical, algunos géneros toleran las aguas frías y muy pocos pueden aventurarse en aguas saladas. (85)

2.4.7. RECOLECCION, ENUMERACION E IDENTIFICACION DE LOS DINOFLAGELADOS

Dentro de los métodos de recolección se encuentran los que se realizan con cubeta, por trampa, por bomba y/o redes especiales para plancton.

La recolección con cubeta se ha usado desde hace mucho tiempo y se le prefiere para muestras muy pequeñas y superficiales. No es recomendable si se van a realizar estudios químicos o fisiológicos con las muestras, ya que los componentes bióticos y abióticos de la capa superficial pudieran influir en los resultados. Para muestras de subsuperficie se utilizan trampas o botellas muestreadoras del tipo de Stokin y Van Born. Esto es para volúmenes muy pequeños. En este caso, también se utilizan finas redes para grandes volúmenes de muestra. La red debe permanecer sumergida para evitar dañar físicamente las células retenidas. Si la re-

colección va a efectuarse a 100 m bajo la superficie se utilizan bombas centrífugas, en este caso se utilizan redes para concentrar a los organismos.

Los métodos con cubetas o trampas (pero no redes) son los mejores para muestras de dinoflagelados desarmados por ser éstos muy frágiles. Las observaciones en material vivo deben realizarse durante las 24 hrs. siguientes.

Las muestras pueden colocarse en frascos envueltos en papel seco para evitar los efectos de la luz y el calor. Los frascos deben enjuagarse previamente en agua de mar. Pueden mantenerse las muestras en refrigeración deben evitarse temperaturas extremadamente bajas para evitar lisis como en el caso de Ptychodiscus brevis. Este tipo de muestras pueden ser tratadas si no van a ser analizadas en las 24 hrs. siguientes añadiendo 0.5 ml de glutaraldehído al 50% a 10 ml de muestra de agua ó 0.5 ml de solución amortiguadora de formalina a 100 ml de muestra.

Los dinoflagelados armados pueden recolectarse por los métodos descritos y preservarse con solución amortiguada de formalina 1-4%. También puede usarse Lugol, sin embargo, oscurece las preparaciones y las especies desarmadas pueden aparecer distorsionadas por ser éstas tan frágiles.

El almacenamiento debe de ser en lugares frescos y oscuros. Por lo general, después de un año de almacenamiento el 40% de las preparaciones se hechan a perder.

Para la enumeración, si una muestra de fitoplancton de volumen conocido contiene algunas especies, debe de concentrarse la muestra antes de ser contadas las células. En este caso, no se recomienda la filtración por Millipore. Se prefiere la filtración por gravedad.

Para el conteo de células existen varios métodos. El método Utermöhl, el cual consiste en una cámara contadora por campos. Las muestras pueden ser de 0.1 a 1 ml de alícuota. El uso de estas cámaras tiene muchas desventajas, por ejemplo, el material vivo es móvil y pudiera no ser contado o ser contado doblemente y el volumen empleado de la alícuota no ser muy representativo.

Para muestras vivas o preservadas puede utilizarse el método de pipeta combinado con diluciones.

En los especímenes preservados se presenta un problema. Al ser fijadas las células, éstas pueden ligarse entre sí, pudiendo alterar el número obtenido.

Para evitar errores en el conteo de dinoflagelados móviles, ya sea por inexperiencia del observador

o porque los especímenes sean numerosos, se puede refrigerar por algunos minutos la muestra en el portaobjetos para reducir la actividad, remover las células individuales con una pipeta capilar o usando inmovilizadores químicos (por ejemplo: 0.5-1 ml solución saturada de acetato de uranio al 4% por 1000 ml).

Los dinoflagelados armados pueden ser identificados por:

- a) número y arreglo de las láminas tecaes
- b) marcas superficiales
- c) desplazamientos cingulum y proyecciones
- d) espina dorsal, cuernos, alas y otras extensiones
- e) contorno del cuerpo

Para las especies desarmadas:

- a) contorno del cuerpo y proporciones
- b) desplazamientos cingulum y proyecciones
- c) extensión del sulcus y extensión sobre el epitoca
- d) prominencias tecaes o marcas
- e) presencia ocasional y localización de organelos específicos.

Las especies desarmadas deben ser estudiadas vivas para pigmentarias, patrones de natación y detalles. No se realizan tratamientos químicos, disecciones

u otras manipulaciones porque pueden interferir ópticamente en la observación de la muestra. Para colorear las muestras puede utilizarse la técnica de Graham.

Puede usarse la tomografía con o sin microflash, tinción óptica o química para documentar el tamaño celular, forma, número y localización de los organelos y otras características como arreglo y número de platos tecales. (92)

2.5. EXPLOSIONES DEMOCRATICAS DE DINOFLAGELADOS

Esta explosión puede considerarse como parte normal de los ecosistemas marinos tropicales, a pesar de que se presentan en forma irregular. (8)

Bajo ciertas condiciones ambientales y en una época determinada del año, la población de dinoflagelados puede ser mayor que la normal de las diatomeas y coccolitofos con los que viven en equilibrio en el mar. Se produce de este modo, la explosión poblacional de los dinoflagelados, llamada "marea roja", visible porque la concha de estos organismos coloreada pigmenta el mar. El color ocre anaranjado empieza a notarse cuando las concentraciones de estos organismos son de casi un millón de células por litro. (8,33)

Estas concentraciones se obtienen principalmente de dos maneras:

a) por el rápido crecimiento biológico, el

cual depende de factores ambientales específicos como temperatura, luz y ciertos nutrientes,

b) por mecanismos físicos (hidrografía) que concentran a los dinoflagelados.

Los anteriores mecanismos son provocados por la lluvia y el aire. Muchas situaciones son una combinación de los dos. (32)

Lo que sucede en el caso de las "mareas rojas" es que cuando aparecen, es imposible reconstruir las posibles causas que provocaron su aparición y así poder seguir una pista segura.

Se han propuesto varias teorías para explicar el fenómeno de sobrepoblación de los dinoflagelados. Una posible causa pudiera encontrarse en la comunidad béntica consistente en corales, macroalgas y microalgas. (110)

Randall en 1958, fue el primero en mencionar que algún cambio ambiental en el ecosistema marino causante de la muerte de los corales pudiera ser anterior a un brote de ciguatera. Propuso la hipótesis de que la muerte de los corales crearía nuevamente superficies desnudas sobre las que las algas tóxicas pudieran crecer. (110)

Este hecho es razonable, ya que al morir los corales se producen superficies apropiadas para otros organismos como es el caso de Gambusia toxicus. (110)

Un ejemplo de lo anterior se presenta en las islas Gambier. (66,110)

Estudios de laboratorio señalan que una fuerte intensidad de luz y baja salinidad (21,110), actúan como factores importantes en la distribución de este organismo. Sin embargo, en el caso de C. tamarensis la baja salinidad es un factor necesario para que pueda desarrollarse la sobrepoblación. (66). La ausencia de C. toxicus cerca de la boca de los ríos o en una laguna poco profunda y con arena brillante en el fondo pudiera estar asociada con la poca tolerancia de este organismo a estos factores. (110)

Para todas las especies de dinoflagelados, es ventajoso el hecho de vivir en lugares turbulentos, debido a que esto favorece a que exista intercambio de nutrientes y otras sustancias al través de la membrana, al ser removidos del cieno, la arena y otros sedimentos. (66,110)

El agua coloreada resulta de la pigmentación presente en los organismos dinoflagelares. Sin embargo, el término "marea roja" es inadecuado cuando se emplea para asociarlo con la PSP. El agua roja es a menudo el resultado de las actividades de organismos no tóxicos. Como las larvas de muchos invertebrados marinos, las cuales tornan el agua de un color rojo similar al causa

do por los dinoflagelados. (33)

Lo anterior resulta algo complicado debido a que los dinoflagelados tóxicos muchas veces no son suficientes en cantidad para colorear el agua, aunque sean lo suficientemente numerosos para que los mariscos se contaminen con sus toxinas. (33)

También se han asociado a la aparición de explosiones demográficas de estos organismos a áreas de drenaje, costeras y estuarinas. (102)

Asimismo, se ha elaborado la hipótesis de que en algunos casos de derramamiento de petróleo accidental pudiera ser factor que contribuyera a la aparición de las explosiones poblacionales, debido a que cuando es removido el petróleo permanecen partículas que utilizarán los dinoflagelados como nutrientes, sin embargo, esta hipótesis no está a la fecha fundamentada con datos de laboratorio. (63)

Para algunos dinoflagelados se ha planteado una posible explicación para su desarrollo anormal, por ejemplo los siguientes.

G. aureolum se ha notado que se propaga más intensamente cuando la producción de fitoplancton se encuentra en proporciones bajas. En varios reportes, estas explosiones demográficas también se han asociado con con

diciones inusuales climáticas e hidrográficas. (31) En el Canal Inglés se reportó por ejemplo, que debido a la inusual calma del mar se presentó la sobrepoblación de este dinoflagelado. (95)

No obstante, una característica común a las explosiones demográficas de G. aureolum en aguas europeas, es que han ocurrido durante períodos en que las capas marinas superiores estaban estratificadas. (31)

En las aguas de arrecifes, la marea y la profundidad determinan el desarrollo de la estratificación y las regiones frontales, así como la disponibilidad de luz y nutrientes para el crecimiento óptimo del fitoplancton. (28)

En el caso de G. excavata, este organismo se perpetúa a sí mismo de una explosión de estación a otra formando hipnocigotos ("quistes"), los cuales se depositan en el sedimento y bajo ciertas condiciones de temperatura se desenquistan. (104).

El conocer la distribución y abundancia de estos quistes es importante por dos razones. En primer lugar, los quistes aparecen depositados selectivamente por procesos hidrográficos y sedimentarios en ciertas áreas que sirven como semilleros, los cuales más tarde producirán células viables, iniciándose de este modo explosio

nos de dinoflagelados subsecuentes. Segundo, existe la -- evidencia de que los quistes son por sí sólo tóxicos (112) lo cual representa un mecanismo por el cual los mariscos se pueden convertir en tóxicos durante las estaciones en que no se aprecia la "marea roja". (104)

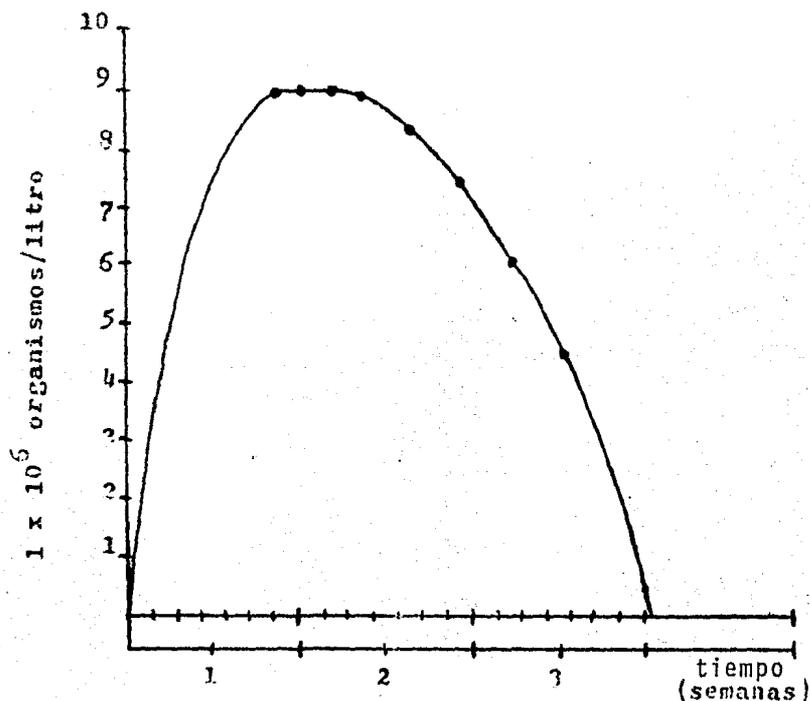
La distribución distribución de los quistes en las muestras de sedimentos está influenciada por la hidrografía y la configuración de la playa. (6)

Los florecimientos de Pyrodinium bahamense, parecen estar relacionados directamente con la lluvia de -- estación principalmente entre diciembre y junio, y es en tonces cuando la "marea roja" aparece, especialmente --- cuando la lluvia excede a 10 cm³. (66). En otras ocasiones se observan este tipo de mareas en el período de máxima descarga de los ríos hacia los mares. Para este dinoflagelado también se han asociado salinidades inusuales y gradiente de temperatura anormal. (66)

Se necesitarán, sin embargo, varios años de estudio para definir los parámetros ambientales que determinan que se presentan las explosiones demográficas de -- dinoflagelados.

CICLO DE LA MAREA ROJA

Este ciclo puede ser representado esquemáticamente en una curva.



En esta se aprecian el crecimiento exponencial de los organismos, en las fases siguientes, el desarrollo se vuelve menos pronunciado hasta que se alcanza un máximo; -- después se estabiliza para que más tarde ocurra un descenso en la población.

El ciclo puede durar varias semanas, con efecto residual (debido a los quistes), o sólo unos cuantos días - (a mayor duración, mayor toxicidad). (8)

2.5.1. REFERENCIAS HISTÓRICAS

La referencia más antigua en que se describe a la "marca roja" es la que aparece en el Exodo (6): 20-21 "... todas las aguas de los ríos se volvieron sangre y los peces de los ríos murieron, y el río apestaba y los egipcios no pudieron beber de esta agua y hubo sangre -- por toda la tierra de Egipto".

A pesar de que la toxicidad de pescados o mariscos se conoce desde los tiempos bíblicos la primera referencia publicada sobre ciguatera data de 1555 y se le atribuye a la Pedro Mártir, historiador de las Indias Occidentales. (8,41)

Cuando los colonizadores europeos llegaron a Norteamérica notaron que los indígenas de las costas tenían tabués y leyendas en cuanto a la ingestión de mariscos. (33). En la costa Oeste, algunas tribus se mantenían alertas a alguna aparición de bioluminescencia en el mar, si este fenómeno aparecía no comían mariscos. -- En la costa Este, Marco Lescarbót, abogado y viajero francés, escribió en 1609 que los indígenas en Puerto Royal, Nueva Escocia, no comían mejillones aún cuando estuvieran hambrientos. En vez de esto preferían comerse a sus perros o cortezas de árboles. (33)

La PSP ha sido reconocida como una entidad clí

nica desde hace más de un siglo. La primera muerte reportada atribuible a este tipo de intoxicación en el continente Americano ocurrió el 15 de junio de 1795, en la isla de Vancouver. La víctima fue un capitán de marina --- quien murió después de haber ingerido mejillones asados. (33)

En la costa de Alaska, existe una leyenda, la cual cuenta que los indígenas de aquel lugar se deshicieron de un grupo de colonizadores rusos invitándolos a un festín de mariscos cerca de las islas de Baranov y Chigoff. El paso entre estas islas se le conoce hoy en día, como Peril Straits (estrecho peligroso), un nombre muy apropiado que alerta a los marinos de los peligros que existen ahí. (33)

En 1799, un grupo de cazadores de Aleut, consumieron mejillones cerca de Sitka (Alaska) y 100 de ellos murieron en menos de dos horas. (33)

Muchos dinoflagelados son bioluminescentes. Este hecho explica que los indígenas de la costa Oeste de Norteamérica, asociaran a la toxicidad de mariscos con los relámpagos de luz que se veían en el mar. (33)

Los ejemplos anteriores sugieren que los indígenas estaban enterados del problema causado por los dinoflagelados y que ahora los científicos llaman PSP,

diarrea por intoxicación por mariscos y ciguatera y la persona común conoce como "marea roja". (8)

Mac Farren y colaboradores han obtenido suficiente información para poder tabular 792 casos de intoxicación paralítica por mariscos (PSP) con 173 muertes durante el período 1793-1958. (88)

La fundación Hooper ha recolectado historias de más de 400 casos de intoxicación por dinoflagelados registradas en la literatura. (88)

El término ciguatera se piensa deriva de una enfermedad similar resultante de la ingestión de un caracol venenoso (molusco bivalvo), Turbotica, conocido como "cigua" en las Antillas Españolas. (14)

Hoy en día, el término de "marea roja" tiene varios significados. Para el oceanógrafo significa "elevadas concentraciones de organismos planctónicos que colorean el mar". Para las personas laicas el término lo asocian con efectos adversos. Esto sucede por ejemplo en Florida, donde la "marea roja", se asocia con la muerte masiva de peces y el gran espectáculo que se presenta en las playas al morir éstos. También lo asocian con mariscos tóxicos junto con los peligros que entrañan su consumo. (33)

2.5.3. DISTRIBUCION GEOGRAFICA MUNDIAL

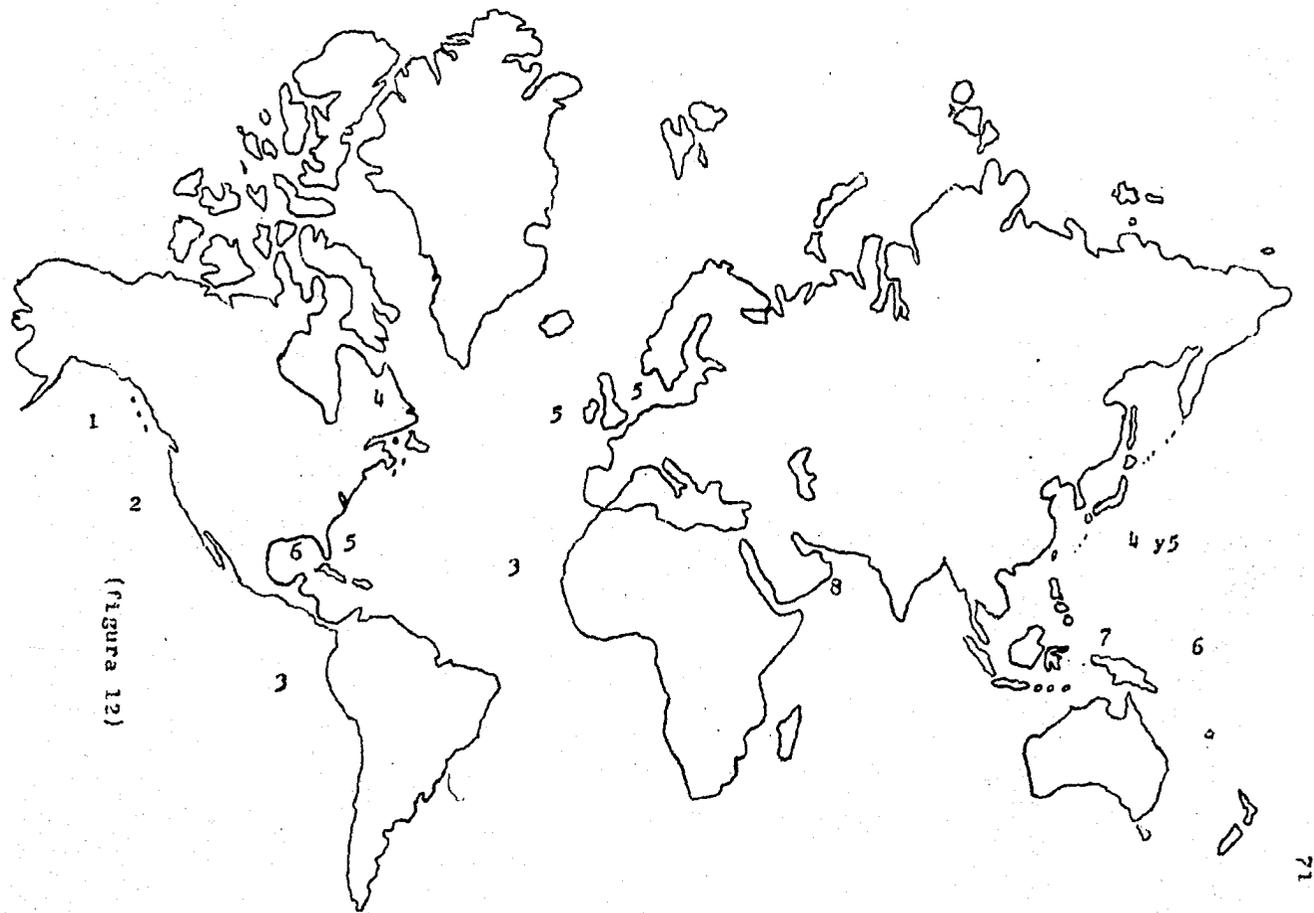
Los dinoflagelados modernos son un grupo cosmopolita de organismos que viven en todos los océanos del mundo. Son una importante fuente alimenticia para muchos moluscos filtradores y el zooplancton en general. (112)

La "marea roja" aparece con frecuencia en varias partes del mundo, y al ser los dinoflagelados la principal fuente alimenticia de los mariscos bivalvos revisten gran importancia. (55). Sin embargo, existen algunas áreas problemáticas que presentan con mayor frecuencia explosiones demográficas de estos organismos tóxicos.

Este problema se ha presentado en la costa del suroeste de la India, suroeste de Africa, Sur de California, Florida, Perú, Noruega, Japón, Canadá, México, Polinesia Francesa, Nueva Caledonia, en el Caribe, Estados Unidos, Inglaterra, Francia y otros países o zonas con océano. (figura 12).

El mayor número de casos estudiados y reportados se encuentran en la Polinesia Francesa y el grupo de islas de Nueva Caledonia en el Pacífico. El organismo responsable en estos lugares es Gambierdiscus toxicus. -- (14)

En la década de los 70's hubo apariciones regulares en aguas del Norte de Europa de Cyrodinium aureolum.



1.- G. catenella
 2.- G. polyedra
 3.- Gymnodinium sp.

4.- G. excavata
 5.- G. bravo
 6.- Pyrodinium sp.

7.- G. polygramma
 8.- Sin identificar

lum, especialmente y en mayor cantidad en 1973. Apareció alrededor de las Islas Británicas en las aguas de la costa Norte de Wales, el Este del Mar Irlandés, la costa Sur de Irlanda, el Mar Céltico y el Oeste del Canal Inglés. (80)

En 1976, se reportaron varios casos al departamento de Control de Alimentos, en Stavanger al noruego, relativo a la muerte inusual de peces en granjas. Estudios realizados en esa área indicaron que el organismo responsable era G. aureolum. Este dinoflagelado colorea las aguas desde amarillo-café a café cuando se presenta algún florecimiento. (73,80)

En las costas del Pacífico y el Atlántico en Canadá se producen anualmente explosiones demográficas de dinoflagelados tóxicos con el consecuente peligro que representa la PSP. Estas explosiones involucran a G. excavata var. tamarensis, el cual ha sido ampliamente estudiado en la Bahía de Fundy y en el río San Lawrence. A partir de 1972, este organismo se ha extendido a lo largo de la costa de Nueva Inglaterra causando las típicas "mareas rojas". Hasta 1976, se le reportó por primera vez como el culpable de la muerte de peces en Norteamérica. (37,53,102). Sin embargo, G. tamarensis exhibe responsabilidad a concentraciones altas de cobre. (3)

En la costa Pacífico de Norteamérica el dinoflagelado causante de PSP es G. catenella. (102)

G. excavata var. tamarensis aparece regularmente en el noroeste de la costa de Los Estados Unidos. (53)

En la costa de Massachusetts al noreste de los Estados Unidos también se han reportado explosiones poblacionales severas de este organismo. Esto ha provocado que a últimas fechas se realicen investigaciones más profundas sobre este asunto. Uno de los objetivos de estas investigaciones es el estudio del ciclo de vida de los dinoflagelados, especialmente de sus quistes, los cuales actúan como "semillas". (1). Observaciones realizadas reportan a los florecimientos de G. tamarensis y G. catenella en aguas arriba de la latitud 30°N y abajo de la 30°S. (13)

El dinoflagelado armado, bioluminescente Fyrodinium bahamense se encuentra en las aguas de Papua en Nueva Guinea, latitudes tropicales y subtropicales del Mar Caribe, este del Océano Pacífico, Mar Rojo, Golfo Persico y Norte del Océano Atlántico, Bahamas y Puerto Rico así como Florida. Este organismo también provoca intoxicación parálitica. (66,92)

En la costa de Florida también se han reportado como responsables de la marea roja a Ptychodiscus brevis (11,12), Gonyaulax polyedra (95), Prorocentrum micans (93), Gonyaulax monilata y Gymnodinium breve (98).

En la costa de California aparecen explosiones poblacionales por causa de Gonyaulax polyedra y Gymnodinium flavum. (30)

En cuanto a Amberdiscus toxicus, los casos -- más ampliamente reportados se encuentran en el Caribe y el sur del Pacífico de América, aunque a últimas fechas se han registrado casos en los Estados Unidos (Hawai y sur de Florida), en donde la ciguatera, enfermedad causada por este dinoflagelado, es la más común relacionada con la ingestión de pescado. (62,72)

En nuestro país, en abril de 1979, la marea roja apareció en el litoral del estado de Sinaloa, desde Mazatlán hasta Puerto Vallarta, Jalisco. El agente causal de la marea roja fue con gran predominio G. monilata (52.1%). (8). También se ha reportado su ubicación en el Golfo de México. Este dinoflagelado produce una potente toxina para los peces. En la costa oeste de Baja California se han encontrado a G. polyedra, Gymnodinium sp. --- (21) y G. monilata (34). Sin embargo, la toxina producida por este último dinoflagelado no se acumula en los moluscos filtradores por lo que esta especie no está asociada con PSP. Esta especie se encuentra también en el oeste del Atlántico y del Caribe. (100) (tablas 3,4)

INTOXICACION POR NEUROTOXINAS DE Gonyaulax monilata
 NUMERO DE CASOS, SEGUN FECHA DE INICIO
 MAZATLAN, SINALOA, ABRIL DE 1979

FECHA DE INICIO	NUM. INTOXICACIONES	% CASOS
Abril 15	1	5.3
Abril 20	2	10.5
Abril 21	2	10.5
Abril 22	10	52.6
Abril 23	4	21.1
TOTAL	19	100.0

T a b l a 3 (34)

PERIODO DE INCUBACION EN LA INTOXICACION
 POR LA NEUROTOXINA DE G. monilata.
 MAZATLAN, SINALOA, ABRIL 1979

HORAS	CASOS	% CASOS
Menos de 1 hora	3	15.8
1 a 2 horas	6	31.6
3 a 5 horas	7	36.8
5 y más horas	3	15.8
TOTAL	19	100.0

T a b l a 4 (34)

2.6 INTOXICACION PARALITICA POR MARISCOS

Los mariscos tóxicos son encontrados esporádicamente en muchas partes del mundo. Sin embargo, algunas áreas son más problemáticas que otras, debido a los frecuentes florecimientos de dinoflagelados tóxicos en dichas zonas. El consumo de los moluscos Bivalvos que se alimentan de estos organismos tóxicos por el hombre origina una forma severa y a veces fatal de intoxicación alimentaria conocida en el mundo como "Intoxicación paralizante por mariscos" (PSP = Paralytic Shellfish Poisoning). Esto representa un peligro recurrente de salud pública en varias partes del mundo. Cuando los dinoflagelados tóxicos se incrementan en número y son ingeridos por los mariscos filtradores se presenta este problema, sin que afecten en ningún caso a los bivalvos.

(33)

Siendo la PSP una intoxicación de origen alimentario, existe la evidencia de que individuos que habitualmente consumen mariscos conteniendo bajos niveles de toxina pueden llegar a desarrollar una inmunidad limitada. El problema no sólo lo enfrenta el turista que visita la costa, sino que se han dado casos en los residentes locales sucesivos a la intoxicación, a pesar de que se encuentran mejor en grados del problema.

2.6.1. SÍNTOMAS

Comienzan por adormecimiento de labios, lengua y puntas de los dedos lo que aparece a los pocos minutos de haber consumido el marisco venenoso. Esto va seguido por entumecimiento de piernas, brazos y cuello aunado a una falta de coordinación muscular en general. Otros síntomas asociados son sensación de ligereza, vértigo, debilidad, incoherencia, somnolencia, dolor de cabeza, etc. Los síntomas mentales varían, pero muchos pacientes permanecen concientes durante el curso de la enfermedad. El fallo respiratorio y la parálisis muscular se vuelven cada vez más severos, mientras la enfermedad progresa y la muerte sobreviene por parálisis pulmonar después de 2 a 12 horas de la ingesta, dependiendo de la dosis. El pronóstico es favorable si el paciente sobrevive las primeras 24 horas. (88) (Tabla 5)

2.6.2. ACCIÓN DE LA TOXINA

Se piensa que la saxitoxina bloquea el potencial de acción de propagación del nervio y músculo por interferencia a la permeabilidad de sodio, actuando la toxina como un catión metálico. (88). Debido a que las toxinas actúan sobre los nervios se les llama neurotoxinas.

Este tipo de toxinas inhiben la herba de pota.

RESUMEN DE LOS SINTOMAS DE LA INTOXICACION PARALITICA POR
MARISCOS

Comezón y adormecimiento alrededor de los labios, gradualmente se extiende a la cara y cuello. Pinchazones en las yemas de los dedos y pies. Dolor de cabeza, vértigo, náusea.

L
I
G
E
R
O

Habla incoherente. Sensación de pinchazones en -- brazos y piernas. Entumecimiento y falta de coordinación de los miembros. Debilidad generalizada. Dificultad respiratoria. Pulso rápido.

S
E
V
E
R
O

Parálisis muscular. Pronunciada dificultad respiratoria. Sensación de sofocación.

E
X
T
R
E
M
O

Muerte

sio/sodio, la cual controla la conducción eléctrica en el nervio. El impedimento de los impulsos nerviosos al diafragma pueden causar la parálisis respiratoria durante las 24 horas siguientes a la ingestión. (33)

2.6.3. ORGANISMOS ASOCIADOS

Dentro de estudios realizados se han reportado a los siguientes dinoflagelados involucrados en el fenómeno tóxico paralítico: Gonyaulax excavata, G. catenella, G. acatenella, G. tamarensis. (87,88)

Para los peces la ingestión de los dinoflagelados involucrados ocasiona los siguientes signos: pérdida de equilibrio a los 5-15 min, seguido de inmovilización y respiración arritmica. (38)

De forma experimental los moluscos alimentados responden a G. monilata y G. veneficum cerrando sus válvulas y no concentrando a los dinoflagelados, por lo que esto significa que los bivalvos permanezcan atóxicos. El sitio de acumulación de la toxina puede ser importante debido a que los órganos de los moluscos no poseen la misma concentración de la toxina. Por ejemplo, la toxina de G. catenella se acumula preferentemente en las glándulas digestivas de los mejillones, en las agallas de las almejas de concha suave y en los sifones de las almejas mantequilla. Debido a que el músculo aductor de la concha de las almejas es el más

el hombre, ninguna intoxicación humana ocurre aunque existan altas concentraciones de la toxina en otra parte del organismo de la venera. (88)

En los últimos meses se ha reportado un nuevo dinoflagelado involucrado con la PSP. Este organismo es Pyrodinium bahamense el cual habita en Papua, Nueva Guinea. (66)

2.6.4. MONITORIO DE TOXICIDAD

Algunas áreas dedicadas a la pesca de mariscos en los Estados Unidos, realizan programas de monitoreo de toxicidad en localidades donde este problema se presenta. En Europa, a últimas fechas se han desarrollado también este tipo de programas debido al gran estallido de casos de PSP en 1976 en la costa norte de España. (33)

En estos programas se emplea la prueba estándar de ratón, la cual fue desarrollada en 1937 y a la fecha ha permanecido virtualmente sin cambio alguno. En esta prueba, se extrae una fracción líquida de la parte carnosa de los mariscos macerados. Este extracto se le inyecta intraperitonealmente a ratones de laboratorio. El número de muertes de ratones son relacionados con el nivel de toxina. (33)

También existen campañas informativas a los -

médicos, debido a que los síntomas presentados en esta enfermedad se asocian muchas veces con la ebriedad (se sabe que el alcohol en combinación con la toxina acentúa los síntomas). (33)

Los esfuerzos realizados por encontrar una antitoxina eficaz no han tenido éxito. Afortunadamente, - una vez que la toxina es eliminada del organismo nos se presentan efectos adversos secundarios. Por esta razón, se dice que estas toxinas son "limpias" y se les utiliza en algunos tipos de terapia neural y coronario. (33)

El monitoreo del plancton para detectar la toxicidad de los moluscos filtradores debe incluir también la búsqueda de quistes, los cuales forman parte del ciclo de vida de los dinoflagelados.

Hoy en día, se necesita estudiar más a fondo el ciclo de vida de los dinoflagelados, particularmente a los quistes, los cuales actúan como semilleros bénticos de la población. (31)

2.7. QUISTES

Los quistes de Gonyaulax excavata, están compuestos por un cuerpo celular elongado ovoide, con una pared lisa, moderadamente espesa y circundada por un material gelatinoso amorfo, el cual incorpora al detritus. El detritus, algunas veces contiene diatomeas bénticas, las cuales pueden llegar a desarrollarse mediante diver

sos experimentos de incubación. (31, 112)

El quiste está conformado en general, por un citoplasma que puede ser claro o granuloso con un grupo central, el cual da apariencia de racimos de color pálido, partículas largas que aparentemente incluyen gránulos de almidón, glóbulos grasos y un cuerpo largo y evidente de color rojo. Antes del desenquistamiento, el contenido de la célula se vuelve de color pardo y comienza a desarrollar el movimiento Browniano. (31)

La distribución y localización de los quistes puede ser de gran utilidad, debido a que son un índice de las áreas potenciales de toxificación de moluscos, con el consecuente peligro que esto acarrea. (104)

Existen varias razones para el conocimiento de la distribución, localización y abundancia de los quistes, pero dentro de las más importantes se encuentran:

1) Los quistes parecen ser depositados selectivamente por procesos hidrográficos y sedimentarios en ciertas localidades.

2) Existe la evidencia de que los quistes de G. excavata son tóxicos y esto representa el mecanismo por el cual los moluscos filtradores se vuelven tóxicos durante las estaciones en las que no se presentan las explosiones demográficas.

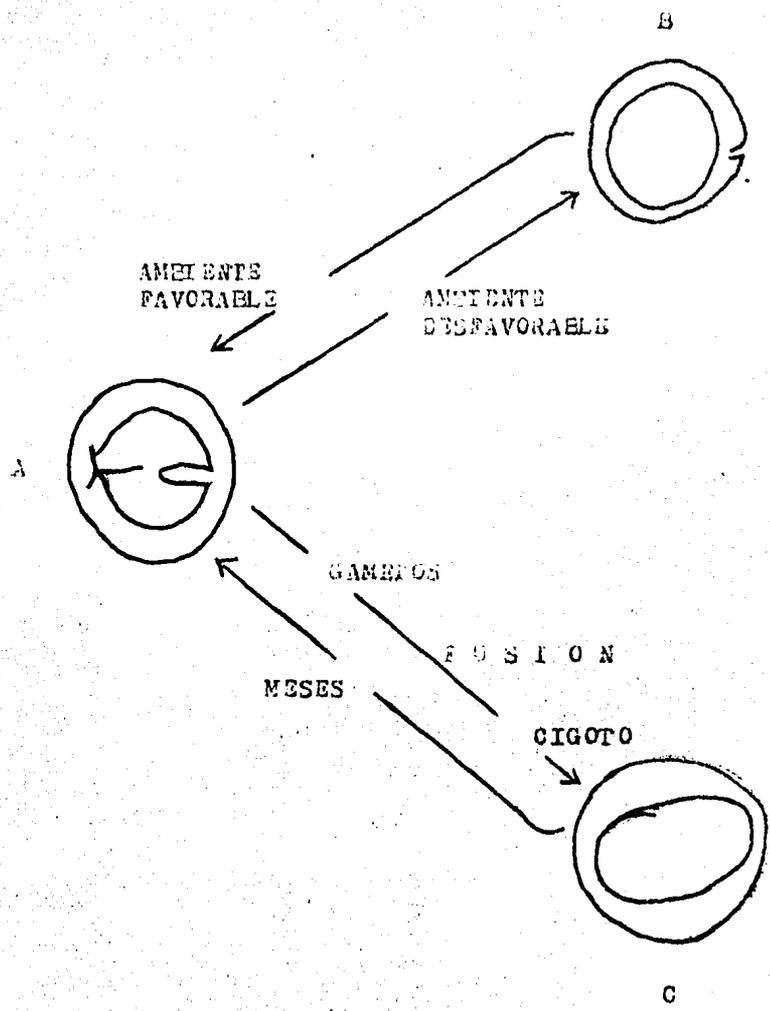
3) El hecho de que al trasladar a los bivalvos de un lugar a otro, éstos pueden acarrear quistes microscópicos, los cuales una vez introducidos en una nueva área puedan contaminar directamente a los mariscos, provocando que el problema aumente. (32,5)

G. excavata produce dos estados móviles durante su ciclo de vida. Uno de ellos se le conoce como quiste temporal, ya que fácilmente puede desarrollarse bajo condiciones apropiadas de cultivo dando origen a células móviles. El otro tipo de quiste es el que se deposita en los sedimentos, el "descansado", el cual es un quiste inmóvil. Estos últimos probablemente son cigotos producidos por reproducción sexual. Estos quistes, se precipitan al fondo del agua y se acumulan en la capa floculenta de la interfase sedimento/agua. Se desarrollan ahí durante el invierno. Se necesitan por lo menos 4 meses para el período de "reposo" (33). Se han sugerido teorías en las que se afirma que un quiste es 1000 veces más tóxico que una célula móvil. (32,33,104). (figura 11)

Los quistes "reposados" de G. excavata probablemente representan a los hipnocigotos. Se ha probado que estos quistes son tóxicos con aproximadamente 0.0002 g de saxitoxina por quiste.

Hasta hace poco tiempo, los quistes de G. exca

(figura 11)



PROBALE CICLO DE VIDA DE G. excavata

- A = Célula móvil
- B = Quiste temporal
- C = Quiste "descansado"

vata fueron descritos en detalle por medio de una técnica de sonicación con el sedimento. (31,104)

Los quistes temporales difieren de los "descansados" en que los primeros poseen un cuerpo celular ovoide esférico y que carecen de la cubierta gelatinosa de la pared.

El desenquistamiento produce en primera instancia una célula móvil tejal. Esta célula es de color rojo y después de 2 ó 3 días, la célula se divide para dar origen a una célula con esta característica y otra sin ella.

Steidinger, ha concluido que "la detección y descripción de las fases sexuales de los quistes bénticos viables, dan la posibilidad de poblaciones de similares bénticas y los factores que influyen en su desarrollo deben de ser los primeros objetivos de investigación." (31)

Los quistes se comportan como partículas de sedimento finas (32,33), y son concentradas por procesos sedimentarios; algunas áreas forman declinaciones en donde se depositan los quistes, otras sin embargo, permanecen libres de la presencia de los quistes. Las bahías con circulación restringida de agua, pudieran tener un ciclo repetido de florecimientos, ya que los quistes formarían en el fondo de los sedimentos "semilleros", -

dando lugar a mareas rojas de plancton tóxico. (32)

En el laboratorio, G. excavata, reacciona a la tensión desprendiéndose de la teca, inmovilizándose y formando un quiste temporal. Los quistes temporales se forman por lo regular en cultivo, o pueden ser inducidos sujetando a la célula a condiciones de temperatura, luz o nutricionales desfavorables. Cuando las condiciones vuelven a ser óptimas, al cabo de unas horas, la célula regenera la teca y el flagelo, y vuelve a reasumir su forma móvil. (112)

Los quistes temporales pueden encontrarse en el agua recolectada recientemente o en las muestras de sedimento. No se puede distinguir entre los quistes temporales formados durante la recolección u observación y aquellos que se encontraban ya presentes en el medio ambiente. (112)

A últimas fechas se ha sugerido que los cultivos de G. excavata con células móviles, "reposan en invierno" y que este "reposo" se refleja en la formación de quistes temporales y la reducción del crecimiento y biomasa de estos cultivos.

Las formas móviles de G. excavata no soportan temperaturas menores a los 5° C. Tan pronto como el invierno se aproxima y la superficie acuática se enfría, la célula se reorganiza y cambia de forma. De una forma

ooférica se transforma en una célula oval. (112)

El proceso de enquistamiento nunca ha sido observado, pero la formación de los quistes probablemente ocurra después de la fusión sexual de los gametos. (112)

Los resultados obtenidos de varias investigaciones revelan el mecanismo por el cual los moluscos adquieren las toxinas de Gonyaulax durante las estaciones en las cuales no hay explosiones demográficas. La ingestión de los quistes provoca que éstos se rompan en el tracto digestivo de los moluscos. Lo anterior, provoca que a este hecho se le considere como una causa de toxicidad de los mariscos en invierno. Esto es, por que los quistes se encuentran resuspendidos en el agua, como resultado de la acción de mareas u olas, actividades pesqueras, diques o por sacudimiento de las conchas como en el caso de las veneras. (32,44,47,104) (figura 12)

2.8. DIARREA POR INTOXICACION CON MARISCOS

En 1980, en el Japón, se reportó una nueva intoxicación por ingestión de mariscos, la cual como característica principal causaba diarrea en los individuos afectados. (111)

Cuando se realizó este estudio no se observaron las clásicas marcas rojas, o la muerte repentina de peces. Tampoco se observaron estos fenómenos en el po-

ríodo de infestación. (111)

Observaciones realizadas en este caso, mostraron que la cadena alimenticia de los moluscos estaba involucrada.

Los síntomas en humanos fueron principalmente desórdenes gastrointestinales, sin que se preentarán sín tomas paralíticos, desechandose la posibilidad de que Protogonyaulax o Gymnodinium breve fueran los agentes causales. (2,111)

Se realizaron varias pruebas con el plancton. Mediante técnicas cromatográficas se llegó a aislar a la toxina involucrada.

A esta toxina se le llamo dinofitoxina, debido a que los resultados indicaron que el dinoflagelado causante era Dinophysis fortii. También se empezó a utilizar el término de "intoxicación diarreica por moluscos", ya que la diarrea es el síntoma más predominante.

(111)

Este nuevo tipo de enfermedad, también ha sido reportada en la costa alemana del Mar del Norte. (57)

En Chile, después de una marea roja debida de Dinophysis sp., se presentaron algunos casos de desórdenes gastrointestinales. (84)

Estos casos sugieren que posiblemente se han presentado otros sucesos parecidos en varias partes del

mundo, más sin embargo, éstos no han sido reportados o han sido confundidos con otros síntomas.

La densidad de población que induce la toxicidad es de 200 células/l. Por esta cantidad, la presencia de este dinoflagelado puede pasar inadvertida en algunas ocasiones. (111)

2.9. CIGUATERA

En muchas islas, en mares tropicales y subtropicales, donde los arrecifes de corales se desarrollan más ampliamente, se conoce una larga lista de especies de pescados que después de su consumo, se desarrolla una enfermedad la cual es diferente a otras intoxicaciones por pescado (escombeide) como por ejemplo, la intoxicación causada por el pescado diodón o intoxicaciones histamínicas. Es de hacerse notar que los moluscos bivalvos no juegan ningún papel en esta cadena alimenticia. (7,108)

El nombre de la enfermedad, ciguatera, es de origen caribeño y es un término dado a una intoxicación peculiar alimentaria causada por la ingestión de muchas especies de pescados habitantes de mares tropicales y subtropicales. Todos estos peces adquieren la ciguatoxina de sus dietas y las transfieren a otros peces al través de la cadena alimenticia. (15, 107,108)

Los pescados contaminados con la ciguatoxina

se clasifican como ictiosarcotóxicos, ya que estos pescados contienen la toxina en su carne, músculos, vísceras, piel y mucosas. (15,19)

En esta enfermedad se encuentran involucrados alrededor de 400 pescados, los cuales tienen su hábitat en el fondo marino, a la orilla de las costas o cerca de los arrecifes. (41). La ciguatera, con los cientos de peces comprometidos y los varios miles de casos de intoxicación humana, es un serio problema tanto en pesquería como en salud pública en aquellos lugares afectados.

La presentación de la enfermedad no sigue una periodicidad en cuanto a estación a estación del año.

(35,41)

En las áreas donde se presenta el problema, -- los habitantes del lugar evitan comer los pescados largos, ya que se sabe, que este tipo de pescado posee concentraciones más altas de ciguatoxina. Esto se explica, en base a que los peces más largos tienen mayor habilidad para cazar y comer a los peces herbívoros, peces -- más pequeños que se alimentan del fitoplancton microscópico. Los peces no son afectados por la toxina. (41, 52,96)

El dinoflagelado involucrado con la ciguatera en un principio se le clasificó bajo el género de Diplop-

salis sp., pero más tarde se encontró que era un nuevo género, por lo que se le clasificó como Gamberdiscus toxicus. (107)

La toxina elaborada por este dinoflagelado, ciguatoxina, es estable al calor, resistente al ácido gástrico (pH = 3), no tiene olor, ni sabor, es liposoluble en una de sus fracciones y en la otra es hidrosoluble; es soluble en acetona, dietil éter, cloroformo, benceno, metanol y etanol pero insoluble en n-hexano. No imparte olor ni sabor al pescado tóxico. Pierde su actividad en ácido o base fuerte. La estabilidad de la toxina cruda permanece después de 30 minutos a 90° C en una solución 0.5 N de ácido débil pero no en base débil. El tratamiento rápido con alcalí a temperatura ambiente destruye más del 50% de su toxicidad. (78,83,99)

La fórmula empírica sugerida para la ciguatoxina es $C_{35}H_{65}NO_8$. En un principio, se aisló esta toxina a partir de la anguilla morena. (88). Se encontró que era un lípido conteniendo un nitrógeno cuaternario, con funciones hidroxilos y carbonilos y una parte de ciclopentanona. (41)

La toxina liposoluble es el mayor principio activo, se encuentra presente en los tejidos de los pescados venenosos y comunmente a diversos niveles tróficos. (62)

La maitotoxina, la fracción hidrosoluble, se concentra selectivamente en el aparato digestivo de los peces herbívoros. (20)

Estudios estadísticos mundiales, señalan que de cada 1 000 personas, se presentan 5 casos de ciguatera por año. (62)

Cuando se produce un brote de ciguatera en una región dada, las primeras especies ictiológicas en volverse tóxicas son generalmente los peces que se alimentan selectivamente de la mezcla de algas, bacterias, levaduras y detritus que colonizan los corales muertos. (15)

El estudio de los sedimentos de biodetritus, en las Islas Gambier (zona endémica de ciguatera), ha mostrado una masiva proliferación del dinoflagelado Gambardiscus toxicus. (15)

Los ecosistemas de corales son muy sensibles a los cambios ambientales. Agresiones tales como tormentas, terremotos, trabajos realizados en el mar, contaminación química y orgánica, producen cambios apreciables en el medio ambiente, por lo que la población de los dinoflagelados aumenta con el consiguiente incremento de la concentración de la toxina en los peces, especialmente de los predadores. (7)

Los casos de ciguatera se han venido increment

tando a últimas fechas, en los Estados Unidos, en donde esta enfermedad es la más reportada asociada con el consumo de pescado. Estos casos se presentan con más frecuencia en Florida y Hawai, y en todos aquellos lugares en donde se vende pescado procedente de estos lugares. (67,72)

A pesar de que la ciguatera es relativamente bien conocida por los nativos y médicos de ciertas partes del trópico, donde la enfermedad se presenta con mayor frecuencia, no resulta familiar para muchos médicos de zonas templadas.

El período de incubación puede ir de 1 a 6 horas después de la ingestión del pescado tóxico, pero pueden presentarse casos de pocos minutos hasta 30 horas -- después de la ingesta. (41)

La ciguatera se caracteriza por síntomas gastrointestinales y neurológicos características. Dentro de estos síntomas que se presentan y duran alrededor de algunos días se incluyen cólicos, náuseas, vómitos, diarrea. Algunas veces hay desmayos, hormigueo de los labios, adormecimiento de lengua y garganta así como de extremidades inferiores. (8,41,64). Otros síntomas incluyen malestar en general, boca seca, mialgia, artralgia, visión borrosa, fotofobia, ceguera transitoria, gusto metálico, punzadas en las extremidades, sensaciones de

pérdida de calor y dolor en los dientes, prurito, dolor de cabeza, confusión, vértigo, debilidad, diaforesis con frialdad. (41,54). En algunos casos graves se presentan sensaciones equivocadas a la temperatura. Puede ocurrir bradicardia, hipotensión y perlesia del nervio craneal. En una forma más severa puede ocurrir una parálisis respiratoria que puede llevar a la muerte. (41)

El tratamiento de la enfermedad es todavía -- problemático. Se realiza lavado gástrico y catarsis tan pronto como sea posible. Pero muchas veces son innecesarios debido al vómito que provoca la toxina. (41)

Se utilizan opiáceos para calmar el dolor y la diarrea. Si existe fallo respiratorio se recurre a la ventilación mecánica. (41). En 1965, se reportó (64) que la toxina era un inhibidor de la colinesterasa y causaba la muerte en ratas, ratones y conejos por asfixia. El antídoto efectivo, resultó ser el cloruro de pralidoxima (cloruro de Protopam) un activador de la colinesterasa junto con la atropina. En algunas ocasiones inyecciones intravenosas de gluconato de calcio al 10%, dan alivio pero en algunos casos fallan. La atropina -- brinda alivio a los síntomas gastrointestinales y cardiovascular. (82). El Diazepam se le ha utilizado para el insomnio. Para calmar el prurito se utilizan cremas analgésicas y regaderazaos de agua fría. (41)

2.9.1. OBSERVACIONES CLÍNICAS DE LA CIGUATERA

De 3009 casos reportados de ciguatera entre 1964 y 1977 en la zona de la Polinesia Francesa y las islas de Nueva Caledonia en el Pacífico, sólo pudieron realizárseles a 56 pacientes (1.9 %) cuenta de glóbulos blancos con un promedio de 8,800 mm³. La cuenta diferencial mostró los siguientes resultados: 70% de neutrófilos, 24% de linfocitos y 6% de eosinófilos.

El valor promedio de hemoglobina en 53 pacientes fue de 12 g/100 ml.

Sólo en 35 pacientes del total se realizaron determinaciones de potasio sérico. Se obtuvieron valores normales (3.4-4.5 mEq/l) en 20 pacientes (57.2%), hipercalcemia (>4.5 mEq/l) en 11 pacientes (34.1%) e hipocalcemia (<3.4 mEq/l) en 4 pacientes (11.4%).

Al realizarse los electrocardiogramas en 41 pacientes, se encontró que el 34.1% se hallaban normales y el 36.6% presentaban bradicardia, el 12% restante revelaron una variedad de anomalías cardíacas. En estos últimos casos se realizaron otros estudios y pruebas de laboratorio para conocer y justificar su origen.

El hallazgo clínico más frecuente encontrado en todos estos casos fue la parestesia, la cual es síntoma clásico de la ciguatera.

El estudio no es muy satisfactorio, debido a

que no se realizaron pruebas de diagnóstico para confirmar la ciguatera. (14)

2.10. REPERCUSIONES ECONOMICAS, NUTRICIONALES Y SOCIALES

Después de unos días de duración de las mareas rojas, éstas desaparecen repentinamente y es hasta entonces que los moluscos filtradores empiezan a excretar las toxinas que acumularon. (29)

En 1976, los efectos potenciales de estos florecimientos sobre los peces, salieron a la luz pública, cuando los metabolitos tóxicos, causaron una muerte extensa de arenques en la Bahía de Fundy, Canadá. Hasta entonces, se pensaba que los peces al igual que otros vertebrados de sangre fría eran relativamente insensibles a estas toxinas. El mismo caso se volvió a presentar en 1979. (103)

Estas muertes, es sabido que se presentan por una transferencia de toxinas al través de los herbívoros planctónicos en la cadena alimenticia marina. (29)

Los organismos muertos por la marea roja, son descompuestos por las bacterias marianas, hacen circular sustancias minerales tales como fosfatos y compuestos nitrogenados y las ponen nuevamente a disposición del plancton. De esta manera, queda garantizada una fuente adicional de fosfatos y nitratos que pudieran ha

ber sido abatidos durante su florecimiento. Esto da lugar a que los otros elementos del fito y zooplancton puedan recuperar sus niveles y garantizar la supervivencia de sus propios competidores. Con la muerte de los peces, y la reincorporación de minerales y nutrientes se asegura una fertilización del agua que ayuda a restablecer el equilibrio. (8)

Un problema mundial, es cuando la marea roja aparece, las vedas que se imponen muchas veces no son cumplidas debido a las pérdidas económicas que producen en los pescadores. Por ejemplo, en el caso del mejillón (Mytilus sp.) el tiempo que tarda en eliminar la toxina es de 10 días, por lo que la veda dura alrededor de 15 días, provocando el problema antes señalado. (89,29)

Ya que las toxinas responsables de la toxicidad de peces y mariscos filtradores son estables al calor, el empacado, manipulación o cocción de éstos, no brinda protección ninguno de estos procedimientos contra la intoxicación. (29). Esto afecta económicamente a los que se dedican a la venta de pescado, debido a que éstos deberán ser transportados desde otra parte mientras la veda está impuesta.

El conjunto de síntomas provocados por la toxina, no sólo afecta a la persona que reside en zonas tropicales y subtropicales con costa. La transportación

moderna ha hecho que el problema se extienda a otras regiones del mundo en donde el pescado se vende. (21)

En algunas partes del mundo, sólo interesaban las intoxicaciones oscombroides o por microorganismos. Recientemente, se ha dado interés a las intoxicaciones provocadas por los dinoflagelados, debido a que los casos de ciguatera han aumentado por el incremento de turismo a zonas donde se presenta la intoxicación con mayor frecuencia.

En todo el mundo, se han reportado 400 especies de peces como ciguatóxicas. Los pescados implicados más comúnmente son el barracuda (vedado en Florida) (21), huachinango rojo y el mere. La parte más tóxica del pescado es el hígado, seguido de los intestinos, testículos u ovarios y el músculo. (54). Los peces adquieren la toxina al través de la cadena alimenticia.

La ciguatera presenta muchos problemas para aquellos que quieren controlarla. Este tipo de intoxicación no es como las que se adquieren por contaminación o manipulación en el momento de la preparación del alimento. La ciguatoxina no se afecta en sus constitución química o propiedades al cocinarse el pescado.

No sólo las pérdidas se refieren a la veda de los mariscos y pescados, sino a que el turismo se le prohíbe el acceso a las playas de recreo y a que se tie

ne que hacer una gran inversión en la limpieza de las playas por el pescado muerto. (112). En Florida en 1972 a 1973 los gastos y pérdidas excedieron los 20 millones de dólares.

También la marea roja resulta un problema para los médicos debido a que el diagnóstico sólo está basado en los síntomas clínicos del paciente, los cuales a la fecha no pueden ser confirmados por pruebas de laboratorio.

En México, el Centro de Ciencias del Mar y Limnología, estación Mazatlán de la U. N. A. M., el 9 de abril de 1979, identificó un intenso florecimiento debido a Gonyaulax monilata. Esta explosión demográfica provocó la muerte de peces con la consecuente molestia sanitaria, varias muertes humanas y además impidió el uso de las playas para recreación. (34)

Una semana después los diferentes servicios de salud instalados en el puerto de Mazatlán comenzaron a recibir pacientes con síntomas característicos de PSP. (34)

Para la protección de la salud pública la aparición de la marea roja cuesta grandes recursos y dinero. El gobierno de cualquier país puede encarar el problema de dos maneras:

- 1) monitorear las toxicidades de los mariscos

y pescados involucrados e,

2) vedar la pesca de los mariscos y pescados en general.

Si las costas representan una fuente importante de mariscos, ya sea para el propio consumo o por negocio, la marea roja provoca grandes desajustes a muchos niveles para todas aquellas personas que explotan este tipo de alimento.

III) C O N C L U S I O N E S

Debido a los problemas que el mundo enfrenta en cuanto a explosión demográfica y carencia de alimentos, surge la búsqueda de fuentes alimenticias para cubrir esta necesidad de fundamental importancia. El mar como reservorio de nutrientes es para el hombre hoy en día, un mundo lleno de muchas interrogantes y problemas por resolver. Uno de ellos, es el florecimiento periódico e impredecible de algunas algas microscópicas, las cuales ocasionan intoxicaciones que pueden ser simples hasta fatales, además de que afectan la economía de los lugares en que se presentan.

De lo anterior, surgen varias recomendaciones a seguir.

1) Recopilación mundial de todos los géneros tóxicos de algas así como de la estructura de sus toxinas.

2) Acuerdos internacionales sobre la taxonomía de los organismos involucrados.

3) Búsqueda de antitoxinas.

4) Control sanitario preventivo de mariscos y pescados contaminados por medio de vedas y análisis cuantitativos y cualitativos en busca de las toxinas.

5) Campañas preventivas sanitarias e informati

vas al público en general, mientras se encuentran soluciones al problema.

El trabajo a realizar es amplio, detallado y además de suma importancia. Por lo cual, especialistas de diversas ramas han centrado su atención en este tipo de intoxicaciones. Es importante y conveniente vigilar la presencia de organismos tóxicos en el plancton de las aguas donde se críen especies para el consumo humano. Esto se logrará cuando sean cubiertas las carencias que existen de laboratorios y métodos que analicen y determinen los niveles neurotóxicos en especies marinas.

En nuestro país es necesario instalar un laboratorio con equipo para que se realicen análisis rutinarios de toxicología de mariscos. Asimismo, continuar con el estudio de moluscos bivalvos para así poder determinar el tiempo en que se desintoxican. Por último, deben delinearse métodos de salud pública preventivos.

IV) BIBLIOGRAFIA

- 1.- Acres, J., Gray, J. 1978. Paralytic shellfish poi-
soning. Can. Med. Assoc. Journal 119 (10): 1195
- 2.- Adams, W. N., Miescier, J. J. 1980. Commentary on AO-
AC method for paralytic shellfish poisoning. J. Assoc
Offic. Anal. Chem. 63 (6): 1336
- 3.- Alam, M., Sanduja, R., Hossain, M. B., Helm, D. 1982.
Gymnodinium breve toxins. J. Amer. Chem. Soc. 104(19)
:5232
- 4.- Anderson, D. M., Morel, F. M. 1978. Copper sensitivi-
ty of Gonyaulax tamarensis. Limnol. Ocean. 23 (2):283
- 5.- Anderson, D. M., Morel, F. M. 1979. The seeding of --
two red tide blooms by the germination of benthic Go-
nyaulax tamarensis hypnocyts. Est. Coast. Mar. Sci.-
8 (2): 279
- 6.- Anderson, D. M., Kulis, D. M., Orphanos, J. A., Ceur-
vels, A. R. 1982. Distribution of the toxic dinoflage-
llate Gonyaulax tamarensis in the Southern New En-
gland region. Est. Coast. Shelf Sci. 14 (4): 447
- 7.- Anónimo. 1979. Fish Poisoning. Lancet (Nov. 17):1059
- 8.- Anónimo. 1979. La marea roja: efecto natural del eco-
sistema marino. Información Científica y Tecnológica
1 (5): 5
- 9.- Ares, J., Dymsha, H. A. 1982. Development and use of
a proficiency test specimen for paralytic shellfish poi-
soning. J. Food Science 47 (4): 1041
- 10.- Aziz, K. M. 1974. Diarrhea toxin obtained from a wa-
terbloom producing species, Microcystis aeruginosa --
Kützing. Science 183 (5): 1206

- 11.- Baden, D. G. 1981. Crystallization and toxicology of T34: a major toxin from Florida's red tide organism, - (Ptychodiscus brevis). Toxicon 19 (2): 455
- 12.- Baden, D. G., Mende, T. T. 1982. Toxicity of two toxins from the Florida red tide marine dinoflagellate, Ptychodiscus brevis. Toxicon 20 (2): 457
- 13.- Bagnis, R., et al. 1970. Problems of toxicants in marine food products. Marine biotoxins bulletin WHO 42 (1): 69
- 14.- Bagnis, R., Kuberski, T., Laugier, S. 1979. Clinical observations of 3009 cases of ciguatera (fish poisoning in the south Pacific). Am. J. Trop. Med. Hyg. 28 (6): 1067
- 15.- Bagnis, R., et al. 1980. Origins of ciguatera fish -- poisoning: a new dinoflagellate, Gambierdiscus toxicus Adachi and Fukuyo, definitively involved as a causal agent. Toxicon 18 (1): 199
- 16.- Balech, E. 1979. Tres dinoflagelados nuevos o interesantes de aguas brasileñas. Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo 28 (2): 55
- 17.- Barkin, R. M. 1974. Ciguatera poisoning: a common --- source outbreak. South. N. J. 67 (1): 13
- 18.- Baslow, H. H., Rieger, R. 1977. Marine Pharmacology: A study of toxins and other biologically active substances of marine origin. Robert E. Krieger Publishing Company. Huntington, New York
- 19.- Baylet, R., et al. 1978. Ichtyosarcotoxisme par ciguatoxine en France. Pathol Biol. 26 (2): 95
- 20.- Bergmann, J. S., Bohdan, R. N. 1979. Maitotoxin inhibits $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ATPase in vitro. Develop. Toxicol. Env.

bits Na^+ + K^+ ATPase in vitro. Develop. Toxicol. Env. Sci. 7547:1562

- 21.- Blasco, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. Limnol. Ocean. 22 (2): 255
- 22.- Boalch, G. T. 1979. The dinoflagellate bloom on the coast of South West England. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 59 (8): 515
- 23.- Bold, H. C. 1978. Introduction to the algae. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U. S. A. 1
- 24.- Boyer, G. L., Schantz, E. J., Schnoes, H. K. 1978. -- Characterization of 11-hydroxysaxitoxin sulphate, a major toxin in scallops exposed to blooms of the poisonous dinoflagellate Gonyaulax tamarensis. J. C. S.-Chem. Comm. 889
- 25.- Buckley, L. J., Oshima, Y., Shimizu, Y. 1978. Construction of a paralytic shellfish toxin analyzer and its application. Anal. Bioch. 85 (1): 157
- 26.- Bujak, J. P., Williams, G. L. 1981. The evolution of dinoflagellates. Can. J. Bot. 59 (11): 2077
- 27.- Carlson, R. D., et al. 1979. Isolation and culture of toxic dinoflagellates from caribbean regions reporting high incidence of ciguatera. Fed. Proc. 7549:1562
- 28.- Carmichael, W., Biggs, D., Gorham, P. 1975. Toxicology and pharmacological action of Anabaena flos-aquae toxin (Cyanophyta). Science 187 (4): 542
- 29.- Collins, M. 1979. Algal toxins. Microb. Rev. 42(4): - 725

- 30.- Cullen, J. J. 1982. Yellow water in La Jolla Bay, California, July 1980. A bloom of the dinoflagellate, - Gymnodinium flavum. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 63 (1):-
67
- 31.- Dale, B. 1977. Cysts of the toxic red-tide dinoflagellate Gonyaulax excavata (Braarud) Balech from Oslofjorden, Norway. Sarsia 63 (1): 29
- 32.- Dale, B., Yentsch, C. M. Hurst, J. W. 1978. Toxicity in resting cysts of the red tide dinoflagellate Gonyaulax excavata from deeper water coastal sediments. Science 201:1223
- 33.- Dale, B., Yentsch, C. M. 1978. Red tide and paralytic shellfish poisoning. Oceanus 21 (3): 41
- 34.- De la Garza, A. J. 1983. Intoxicación alimentaria por ingestión de mariscos contaminados. Sal. Púb. Méx. 25:
145
- 35.- Dickey, R. W., et al. 1979. The extraction and effects of crude ciguatoxin from Scomberomorus cavalla upon -- acetylcholine and histamine receptor sites of the guinea pig ileum. Fed. Proc. 7548:1562
- 36.- Dodge, J. D. 1966. Chromosome structure in the dinoflagellates and the problem of the mesocariotic cell. Int. Congre. Ser. Excerpta Med. 91: 264
- 37.- Dodge, J. D. 1977. The early summer bloom of dinoflagellates in the North Sea, With special reference to --- 1971. Mar. Biol. 40: 327
- 38.- Doty, M. S., Aguilar Santos, G., 1970. Transfer of toxic algal substances in marine food chains. Pac. Sci. - 24 (7): 351
- 39.- Fallon, R. D., Brock, T. D. 1980. Plankton

- 39.- Fallon, R. D., Brock, T. D. 1980. Planktonic blue-green algae: Production, Sedimentation, and decomposition in Lake Mendota, Wisconsin. *Limnol. Ocean.* 25 (1): 72
- 40.- Forster, G. R. 1979. Mortality of the bottom fauna & fish in St. Austell Bay and neighbouring areas. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 59: 517
- 41.- Gelb, A. M., Mildvan, D. 1979. Ciguatera fish poisoning. *N. Y. Sta. J. Med.* 79 : 1080
- 42.- Genenah, A. A., Shimizu, Y. 1981. Specific toxicity of paralytic shellfish poisons. *J. Agric. Food Chem.* 29 (6): 1289
- 43.- Gershey, R. M. et al. 1977. A colorimetric method for determination of saxitoxin. *J. Fish. Res. Board Can.* 34 : 559
- 44.- Gordon, D. C., Longhurst, A. R. 1979. The environmental aspects of a tidal power project in the upwelling reaches of the Bay of Fundy. *Mar. Pol. Bull.* 10 : 38
- 45.- Grassé, P. P., Dagrascio, J. 1957. L'ultrastructure - du chromosome des Peridiniens et ses consequences genétiques. *C. R. Hebd. Seances Acad. Agric. Fr.* 245: 2447
- 46.- Grell, K. G. Whlfarth'Gottermann, K. E. 1957. Licht- und Elektronen'mikroskopische Untersuchungen an dem Dinoflagellaten Amphdinium elegans m. sp. *Allg. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 47: 7
- 47.- Griffiths, A. B. Dennis, R. 1979. Mortality associated with a phytoplankton bloom off penzance in Mounts Bay. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 59 : 520

- 48.- Harada, T., Oshima, Y., Yasumoto, T. 1982. Structures of two paralytic shellfish toxins, gonyautoxins V and VI isolated from a tropical dinoflagellate, Pyrodinium bahamense var. compressa. Agric. Biol. Chem. 46 (7): 1861
- 49.- Hashimoto, Y. Kamiya, H., Yamazato, K., Nozawa, K. - 1976. Occurrence of a toxic blue-green alga inducing skin dermatitis in Okinawa. Animal, Plant, and Microbial Toxins, vol. 1. Plenum Publishing, New York.
- 50.- Herdman, M., Janvier, M., Waterbury, J. B., Rippka, R., Stanier, R. Y. 1979. Deoxyribonucleic acid base composition of cyanobacteria. J. Gen. Microb. 111 (1) 73
- 51.- Herdman, M., et al. 1979. Genome size of cyanobacteria. J. Gen. Microb. 111 (1): 63
- 52.- Hokama, Y., et al. 1980. The effect of purified ciguatera toxin on mitogen responses of mouse spleen lymphoid cells. Res. Comm. Chem. Path. Pharm. 29 (2): 397
- 53.- Hsu, C. P., Marchand, A., Shimizu, Y. 1979. Paralytic shellfish toxins in the sea scallop, Placopecten megallanicus, in the Bay of Fundy. J. Fish Res. Board Can. 36 (1): 32
- 54.- Hughes, J. M., Herson, M. H. 1976. Fish and Shellfish poisoning. N. E. Jour. Med. 295: 1117
- 55.- Hurst, J. W., Yentsch, C. H. 1981. Patterns of intoxication of shellfish in the Gulf of Maine coastal waters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38 (2): 152
- 56.- Ikawa, M., Wegener, K., Foxal, T. L. 1982. Use of a strong cation exchange resin column for the study of paralytic shellfish poisons. J. Agric. Food. Chem. 30

(3): 526

- 57.- Kat, M. 1979. Toxic dinoflagellate blooms. ed. D. Taylor & H. H. Seliger, Elsevier North Holland, Inc. New York, pp. 215
- 58.- Kat, M. 1980. Preliminary note on dinoflagellate ---- cysts in the Oosterschelde (The Netherlands) in relation to shellfish poisoning. Aquaculture 21: 97
- 59.- Keleti, G., Sykora, R. 1982. Production and properties of cyanobacterial endotoxins. App. Environ. Microb. 43 (1): 104
- 60.- Kimura, L. H., Abad, M. A., Kokama, Y. 1982. Evaluation of the radioimmunoassay (RIA) for detection of ciguatera toxin (CTX) in fish tissues. J. Fish Biol. 21 -- (6): 671
- 61.- Koehn, F. E., et al. 1982. Dinoflagellate neurotoxins related to saxitoxin: Structure and latent activity of toxins B1 and B2. Tetrah. Lett. 23 (22): 2247
- 62.- Lawrence, D. L. 1980. Ciguatera fish poisoning in Miami. JAMA 244 (3): 254
- 63.- Le Fèvre, J. 1979. On the hypothesis of a relationship between dinoflagellate blooms and the "Amoco-Cadiz" oil spill. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 59: 525
- 64.- Li, K. M. 1965. Ciguatera fish poison. Science 147: - 1580
- 65.- Loeblich, A. R. 1976. Dinoflagellate evolution: speculation and evidence. J. Protozool. 23 (1): 13
- 66.- Maclean, J. L. 1977. Observations on Pyrodinium bahamense

- mense plate, a toxic dinoflagellate, in Papua New Guinea. Limnol. Ocean. 22 (2) : 234
- 67.- Miller, D. M. et al. 1979. The effects of a lipid extracted toxin from the dinoflagellate Gambierdiscus toxicus upon nerve-muscle and intestinal preparations Fed. Proc. 7546: 1561
- 68.- Miyahara, J. T. et al. 1979. Effects of ciguatoxin -- and maitotoxin on the isolate guinea pig atria. Res.-Comm. Chem. Path. Pharm. 25 (1): 177
- 69.- Moore, R. E. 1977. Toxins from blue-green algae. Bio-Science 27 (12): 797
- 70.- Morrill, L. C., Loeblich, A. R. 1981. The dinoflagellate pellicular wall layer and its occurrence in the division Pyrrhophyta. J. Phycol. 17 (4): 315
- 71.- Morris, H. B. 1977. Marine Pharmacology. Robert E. & Krieger, Publishing Company, New York.
- 72.- Morris, J. G., et al. 1982. Clinical features of ciguatera fish poisoning. Arch. Intern. Med. 142 (6) : 1090
- 73.- Newell, G. E., Newell, R. C. 1977. Marine plankton a practical guide. Hutchinson of London, Inc. London.
- 74.- Noguchi, T. Ueda, Y., Onoue, Y., Kono, M. 1980. Reduction in toxicity of PSP infested scallops during canning process. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46-(10) : -1273
- 75.- Noguchi, T. et al. 1980. Reduction in toxicity of --- highly PSP/infested scallops during canning process - and storage. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46 (11): 1339

- 76.- Onoue, Y., Noguchi, T., Hashimoto, T. 1980. Studies on paralytic shellfish poison from the oyster cultured in Senzaki Bay, Yamaguchi Prefecture. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46 (8) : 1031
- 77.- O'Sullivan, A. J. 1978. Red tide on South Coast Ireland. Mar. Pol. Bull. 9 (12) : 315
- 78.- Payne, C. A., Payne, S. N. 1977. Ciguatera in Puerto Rico and the Virgin Islands. N. E. J. Med. 296 (16): 949
- 79.- Pingree, R. D. et al. 1977. Survival of dinoflagellate blooms in the western English Channel. Nature 265 (1) : 266
- 80.- Pybus, C. 1980. Observations on a Gyrodinium aureolum (Dinophyta) bloom off the South coast of Ireland. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 60 (3) : 661
- 81.- Reid, P. C. 1980. Toxic dinoflagellates and tidal power generation in the Bay of Fundy, Canada. Mar. Pol. Bull. 11 (2) : 47
- 82.- Rippka, R., et al. 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. J. Gen. Microb. 111 (1) : 1
- 83.- Russell, F. E. 1975. Ciguatera poisoning: a report of 35 cases. Toxicol 13 (3): 338
- 84.- S. Avaria. 1979. Toxic dinoflagellate blooms. ed. by D. Taylor and H. H. Seliger. Elsevier North Holland - Inc., New York. pp. 215
- 85.- Sargeant, W. A. 1974. Fossil and Living Dinoflagellates. Academic Press, Co. London.

- 86.- Schantz, E. J. 1974. Toxic constituents of animal -- food stuffs. Chapter 4. New York. Academic Press.
- 87.- Schmidt, R. J., Loeblich, A. R. 1979. Distribution of paralytic shellfish poison among Pyrrophyta. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 59 (2): 479
- 88.- Shilo, H. 1972. Toxicogenic algae. Progress in Indus--- trial Microbiology. U. S. A.
- 89.- Shimizu, Y. et al. 1978. Structure of neosaxitoxin. - J. Am. Chem. Soc. 100 b : 6791
- 90.- Shimizu, Y., Yoshioka, H. 1981. Transformation of pa- ralytic shellfish toxins as demonstrated in scallops (Placopecten magellanicus) homogenates. Science 212 - (4494) : 547
- 91.- Shimizu, Y., Fallon, W. E., Wekell, J. C., Gerber, D. 1978. Analysis of toxic mussels (Mytilus sp.) from -- the Alaskan inside passage. J. Agric. Food Chem. 26 - (4): 878
- 92.- Steidinger, K. A., Tester, L. S., Taylor, F. J. 1980. A redescription of Pyrodinium bahamense var. compressa (Böhm) stat. nov. from Pacific red tides. Phycologia 19 (4) : 329
- 93.- Steidinger, K. A. 1979. Collection, enumeration and - identification of free-living marine dinoflagellates Toxic dinoflagellate bloom. Ed. by D. Taylor and H. H Seliger. Elsevier North Holland, Inc., New York. 435
- 94.- Takahashi, H., et al. 1982. Maitotoxin, a Ca²⁺ cha--- nnel activator candidate. J. Biol. Chem. 257 (13): -- 7287
- 95.- Tangen, K. 1977. Blooms of Gyrodinium aureolum (Dino-

- phyceae) in north European waters, accompanied by mortality in marine organisms. *Sarsia* 63 (2): 123
- 96.- Tatnall, F. M. et al. 1980. Ciguatera poisoning. *Br.-Med. J.* 281 (10): 281
- 97.- Tindall, D. R. 1979. Effects of a lipid soluble toxin from the dinoflagellate *Prorocentrum lima* on mice and acetylcholine and histamine receptor sites in guinea pig ileum. *Fed. Proc.* 7545: 1561
- 98.- Tyler, H. A., Seliger, H. H. 1977. Annual subsurface transport of a red tide dinoflagellate to its bloom area: Water circulation patterns and organism distribution in the Chesapeake Bay. *Limnol. Ocean.* 23 (2): 227
- 99.- Vernous, J. P., et al. 1982. Mise en évidence d'une toxine liposoluble de type ciguatérique chez *Carax -- bartholmaei* pêché aux Antilles françaises. *Biochimie* 64 (10) : 933
- 100.- Walker, L. H., Steidinger, K. A. 1979. Sexual reproduction in the toxic dinoflagellate *Gonyaulax monilata*. *J. Phycol.* 15 : 312
- 101.- White, A. W., Maranda, L. 1978. Paralytic toxins in the dinoflagellate *Gonyaulax excavata* and in shellfish. *J. Fish. Res. Board Can.* 35 : 397
- 102.- White, A. W. 1980. Recurrence of kills of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) caused by a dinoflagellate toxins transferred through herbivorous zooplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37 : 2266
- 103.- White, A. W. 1981. Sensitivity of marine fishes to toxins from the red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* and implications for fish kills. *Mar. Biol.* 65 : 255

- 104.- White, A. W., Lewis, C. M. 1982. Resting cysts of -- the toxic, red tide dinoflagellate Gonyaulax excavata in Bay of Fundy sediments. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 1185
- 105.- Widdows, J. et al. 1979. Some effects of a dinoflagellate bloom (Gyrodinium aureolum) on the mussel, Mytilus edulis. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 50 : 522
- 106.- Wong, S. L., Beaver, J. L. 1981. Metal interactions in algal toxicology: conventional versus in vivo --- tests. Hydrobiologia 85 (1) : 67
- 107.- Yasumoto, T., et al. 1977. Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 43 (8) : 1021
- 108.- Yasumoto, T., et al. 1977. A survey of comparative - toxicity in the food chain of ciguatera. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 43 (8) : 1015
- 109.- Yasumoto, T. et al. 1980. Toxicity of benthic dinoflagellates found in coral reef. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46 (3) : 327
- 110.- Yasumoto, T., et al. 1980. Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. -- Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46 (11) : 1405
- 111.- Yetsch, C. M., Lewis, C. M. Yetsch, C. S. 1980. Biological resting in the dinoflagellate Gonyaulax excavata . BioScience 30(4) : 251
- 112.- Yetsch, C. M. 1981. Flow cytometric analysis of cellular saxitoxin in the dinoflagellate Gonyaulax tamarensis var. excavata . Toxicon 19 (5) : 611