

Tema 40: Mareas rojas

Antecedentes

Son fenómenos naturales que se deben a la concentración masiva y esporádica de microorganismos fitoplanctónicos fotosintéticos unicelulares que viven en la superficie del agua.

Las "Mareas Rojas" han ocurrido a lo largo de la historia de la humanidad desde tiempos remotos. En Norteamérica, los indios conocían los efectos de los moluscos tóxicos antes de la llegada de los españoles.

El primer registro de una marea roja procede de Alvar Núñez Cabeza de Vaca en 1542 del Golfo de Méjico.



El siguiente registro sobre casos fatales de envenenamiento humano después de comer moluscos contaminados con dinoflagelados tóxicos se remonta a 1793 y se debe al Capitán George Vancouver en la Columbia Británica.

En Europa existe un artículo médico del profesor F. Thomas publicado en 1850.

Sin embargo, la primera referencia histórica se remonta a:

-”Voy a herir el agua del río con la vara que tengo en mi mano y se convertirá en sangre, con lo que morirán los peces del río, se corromperán las aguas y los egipcios que beben el agua se verán angustiados”

Éxodo 7: 20-21

Introducción

En los últimos años la magnitud de estos fenómenos se ha ido extendiendo enormemente.

La lista de especies tóxicas se sigue incrementando, aumentan los registros de eventos tóxicos en lugares donde jamás se habían dado. Además, en los lugares donde estos acontecimientos son tradicionales, se ha notado una expansión tanto a nivel espacial como temporal.

Con los años se ha ido incrementando las implicaciones de las "Mareas Rojas" con la ecología, la salud pública y la economía.

Por tanto, el interés por comprender este tipo de fenómenos y llegar a entender las causas y conseguir poder predecir su aparición ha ido en franco aumento.

Definiendo las mareas rojas

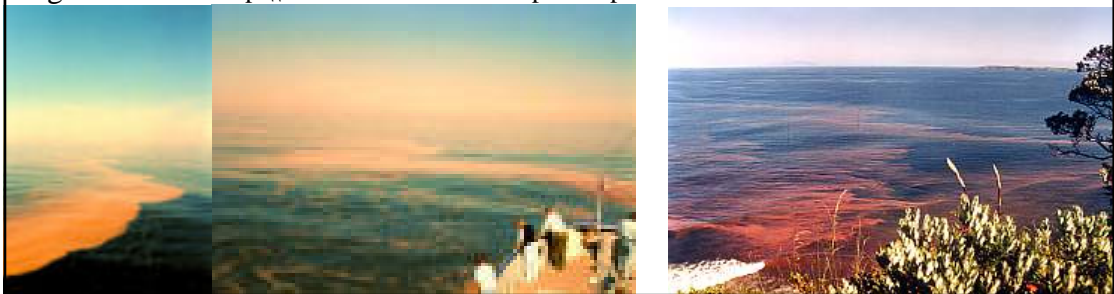
El término "**Marea roja**" es la traducción literal del término anglosajón "**Red tide**", nombre común con el que se han denominado los fenómenos de decoloración del agua producidos por la proliferación de algunas especies de organismos planctónicos.

Este término es confuso ya que ni todas las floraciones son rojas, ni todas las mareas rojas son tóxicas. La decoloración va desde pardo, amarillo, verde hasta un rojo intenso. La coloración depende de la especie y de la concentración y pigmentación de la misma.

En la actualidad se emplea más la denominación de **Floraciones Algas Nocivas (FANs)**, o su equivalente en inglés **Harmful Algal Blooms (HABs)**, para referirse al fenómeno de los "blooms" que contienen toxinas o que ocasionan impactos negativos.

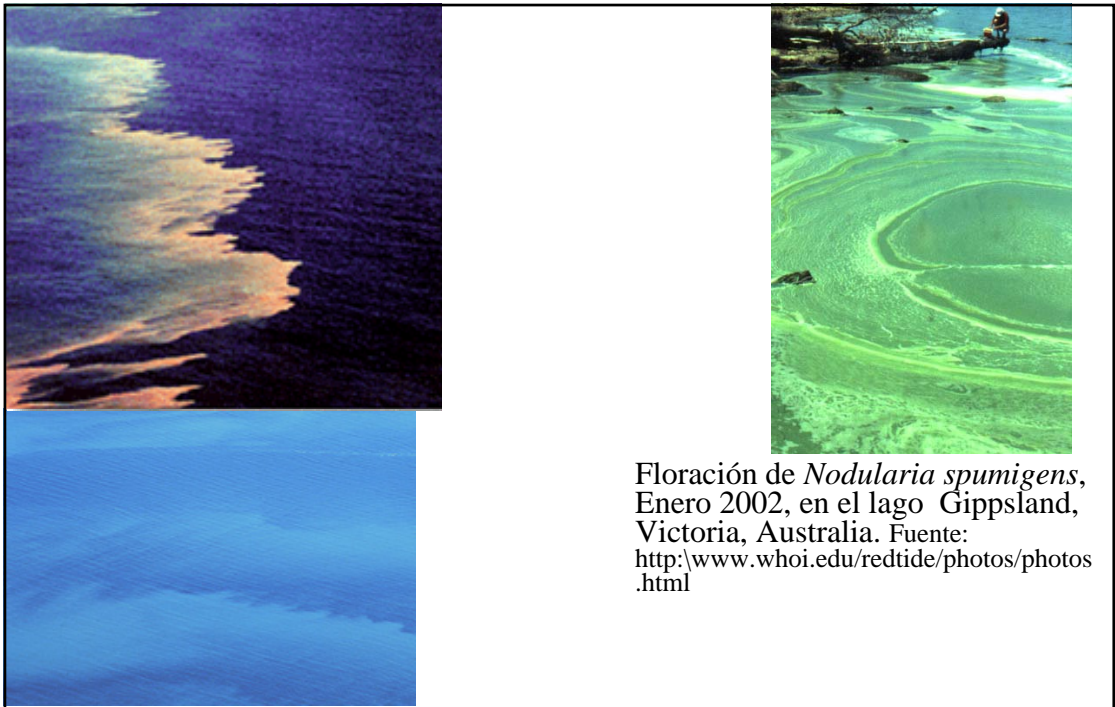


Bloom de *Noctiluca scintillans* en California y otros lugares. Fuente: <http://www.whoi.edu/redtide/photos/photos.html>





“Mareas rojas” de especies de cianobacterias de los géneros *Anabaena*, *Microcystis* y *Nocardia*.



Floración de *Nodularia spumigena*, Enero 2002, en el lago Gippsland, Victoria, Australia. Fuente: <http://www.who.edu/redtide/photos/photos.html>

Río York (Bahía de Chesapeake). “Bloom de marea roja” de *Cochlodinium heterolobatum*



Bloom de una marea roja en Florida de *Gymnodinium breve*



Bloom de una marea parda en Texas, de *Aureoumbra*



1999, Hong Kong. Especie sin identificar.



Floración algal nociva en un fiordo noruego.

Floraciones de *Emiliana huxleyi*



Alaska, 1999



Black Sea, 2000



Newfoundland, 1997



Floraciones algales nocivas

Las algas nocivas son organismos unicelulares, microscópicos que viven en el mar y otros sistemas acuícolas. La mayoría de las algas fitoplanctónicas no son nocivas y son los productores que fijan la energía solar en la base de la red alimentaria.

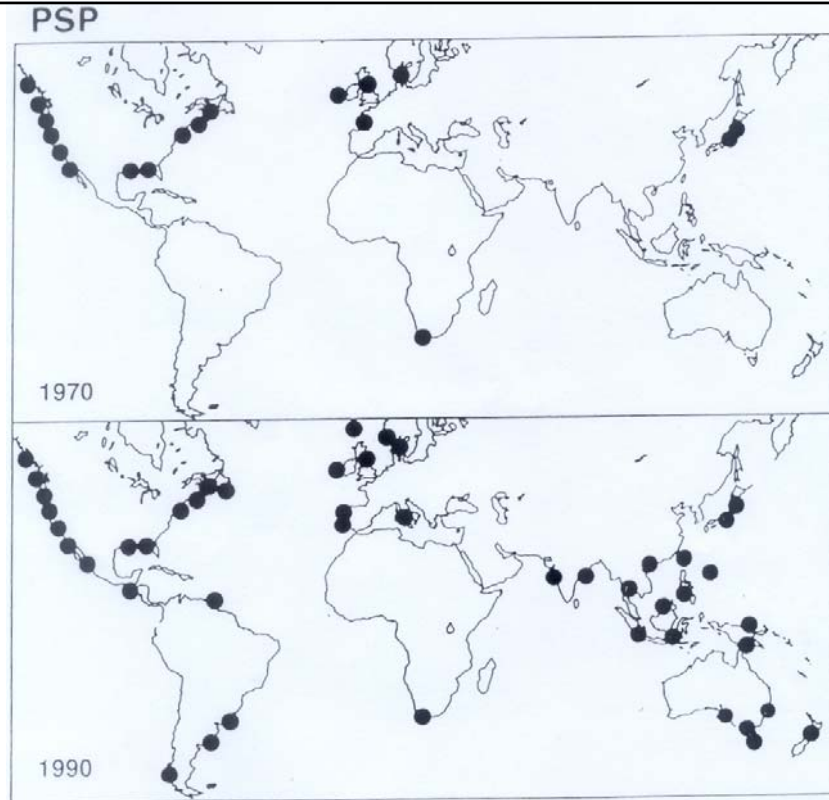
En ocasiones, las algas crecen muy rápidamente y se acumulan en densas manchas visibles en la superficie del agua.

Entre las especies que las producen se encuentran las **cianobacterias**, **diatomeas** y, principalmente, los **dinoflagelados**, los cuales constituyen un componente principal del fitoplancton microscópico.

Incremento global de las FANs

- En los últimos años ha habido un incremento en la frecuencia, intensidad y distribución geográfica.
- En la figura de la diapositiva siguiente se muestra la distribución mundial de los blooms conocidas, como PSP, producidas por los dinoflagelados *Alexandrium tamarense* y *Alexandrium catenella*.
- Estos blooms sólo eran conocidos en las aguas templadas de Europa, América del Norte y Japón. En 1990, se ha observado su introducción en el Hemisferio Sur, en Australia, India, Tailandia, Islas Filipinas, Nueva Guinea Papua, etc.

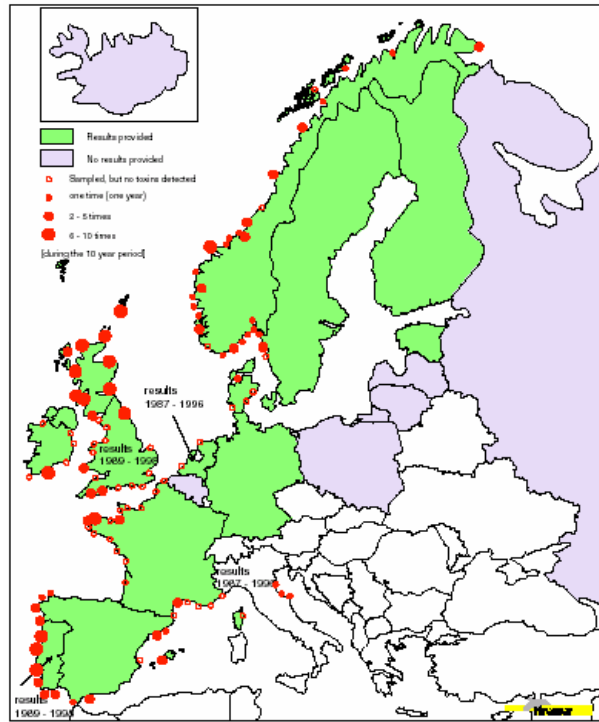
Distribución mundial conocida de las PSPs en 1970 y 1990.



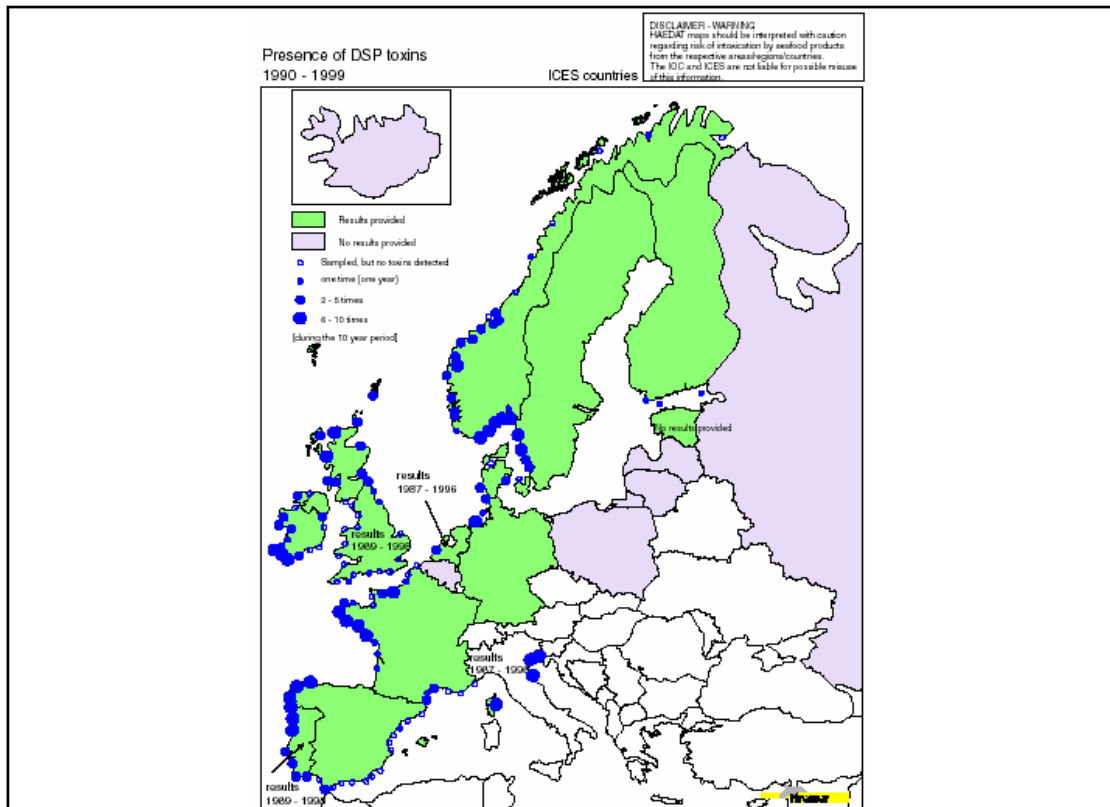
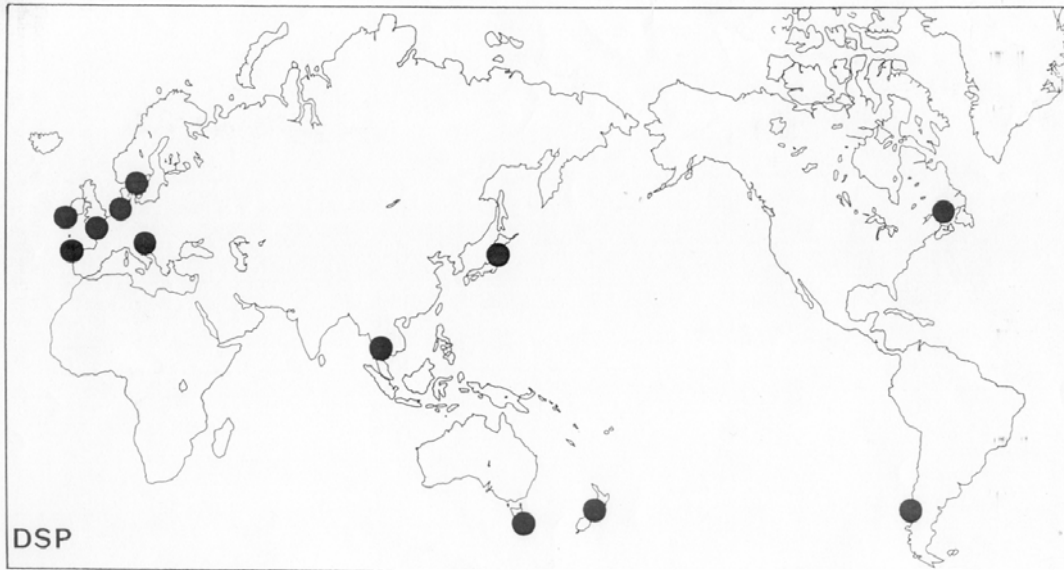
Presence of PSP toxins 1990 - 1999

ICES countries

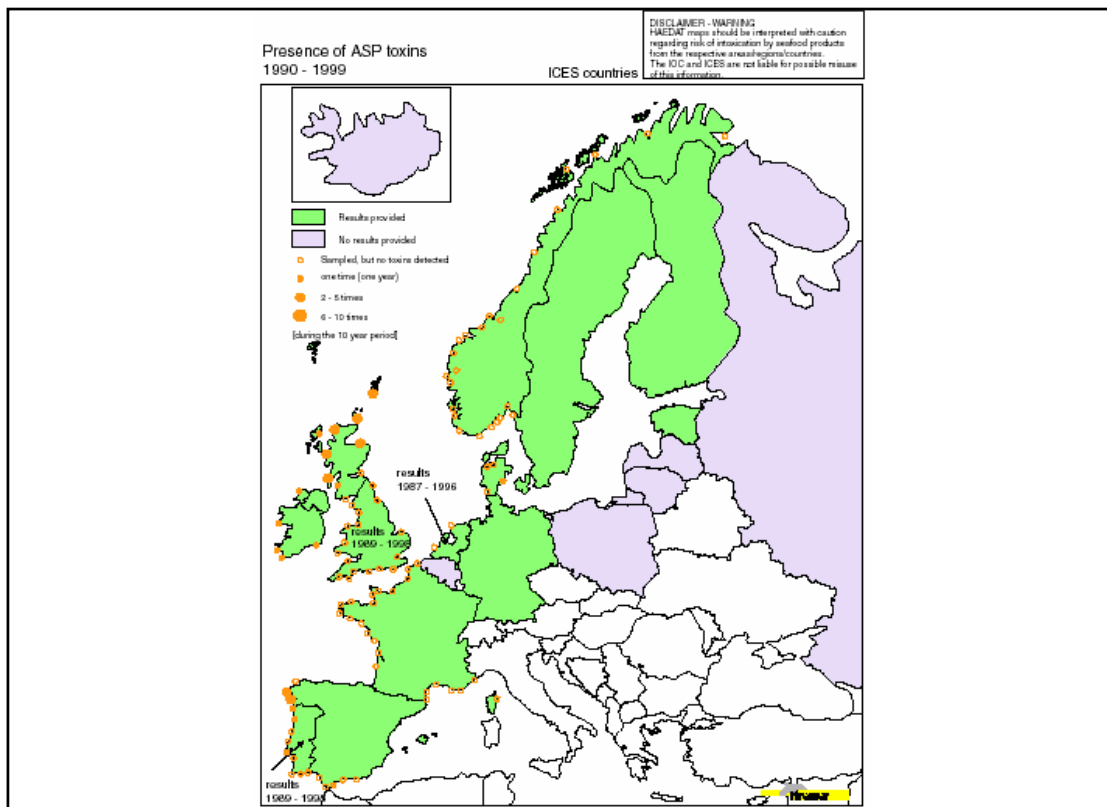
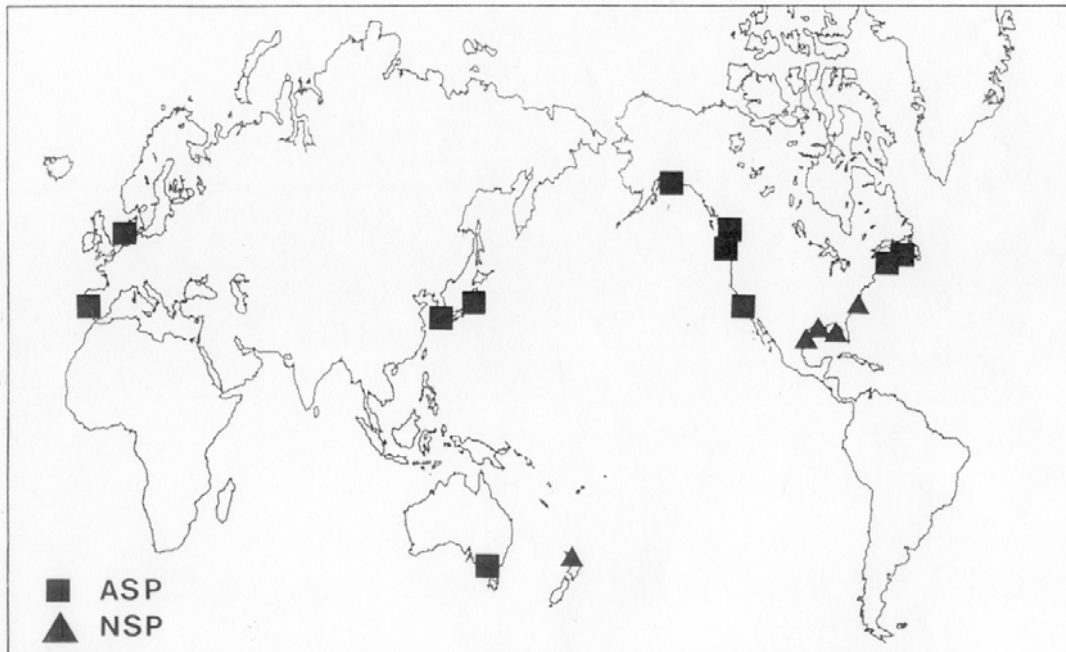
DISCLAIMER - WARNING
 HAZARD maps should be interpreted with caution regarding risk of intoxication by seafood products from the respective areas/regions/countries. The IOC and ICES are not liable for possible misuse of this information.

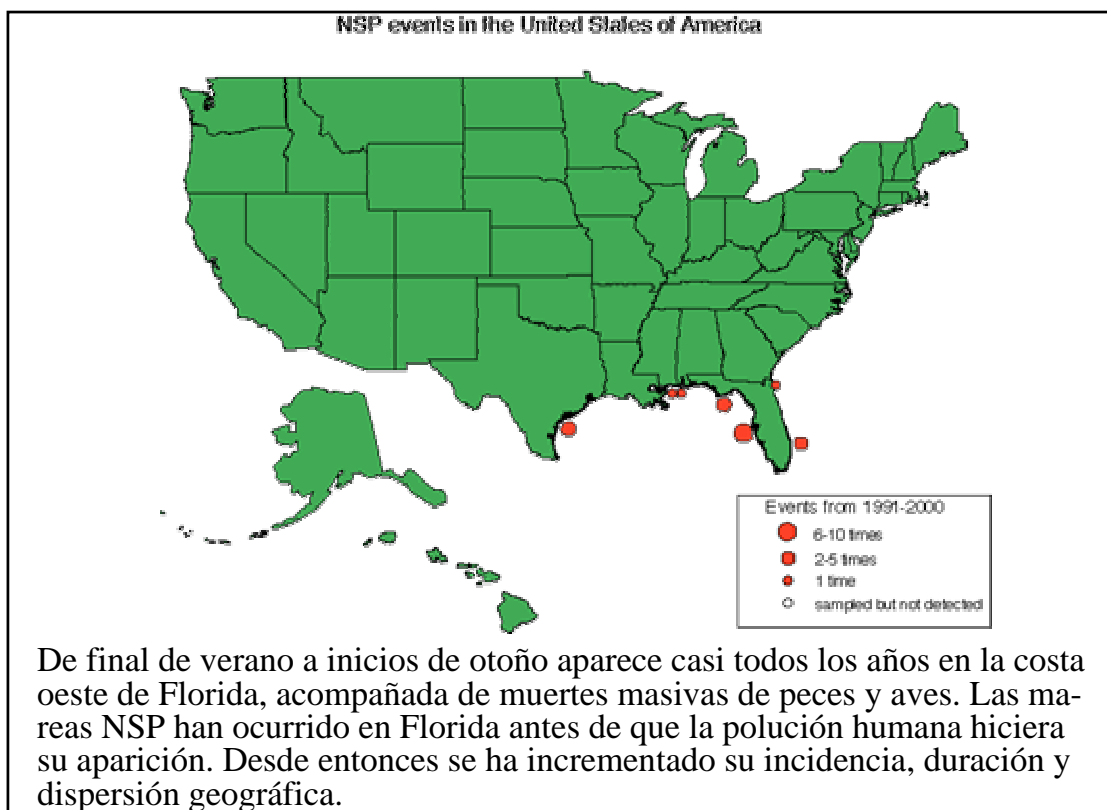
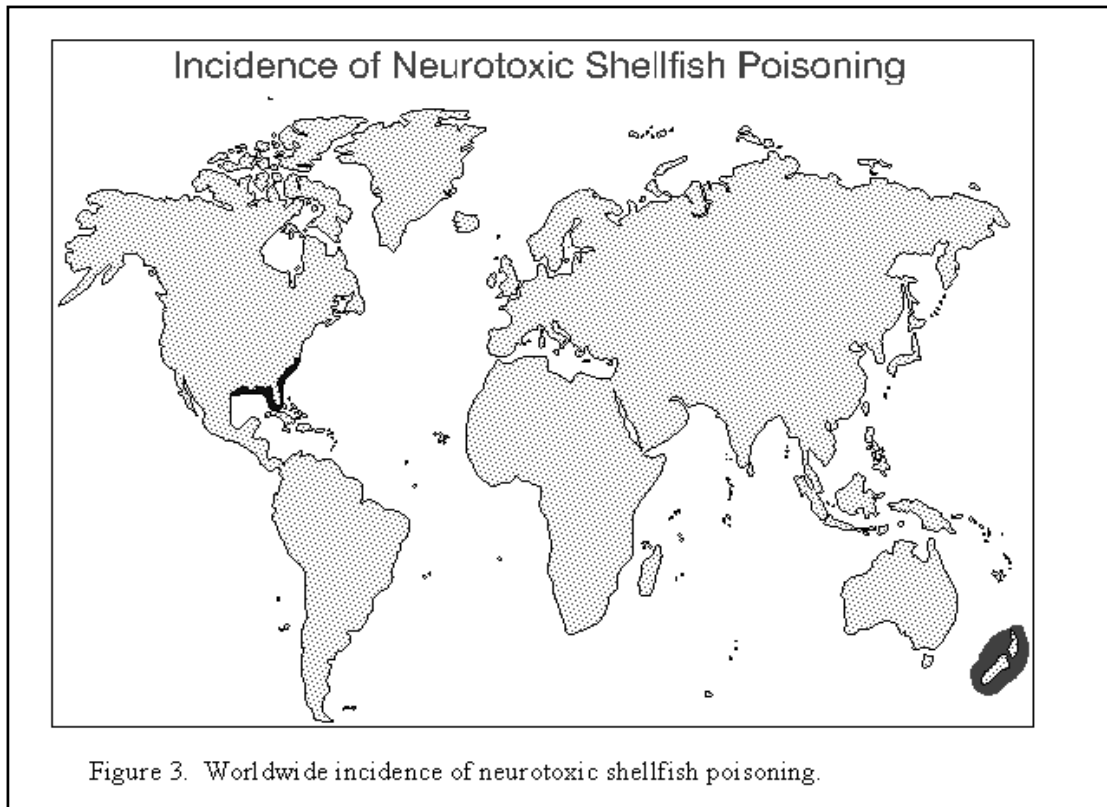


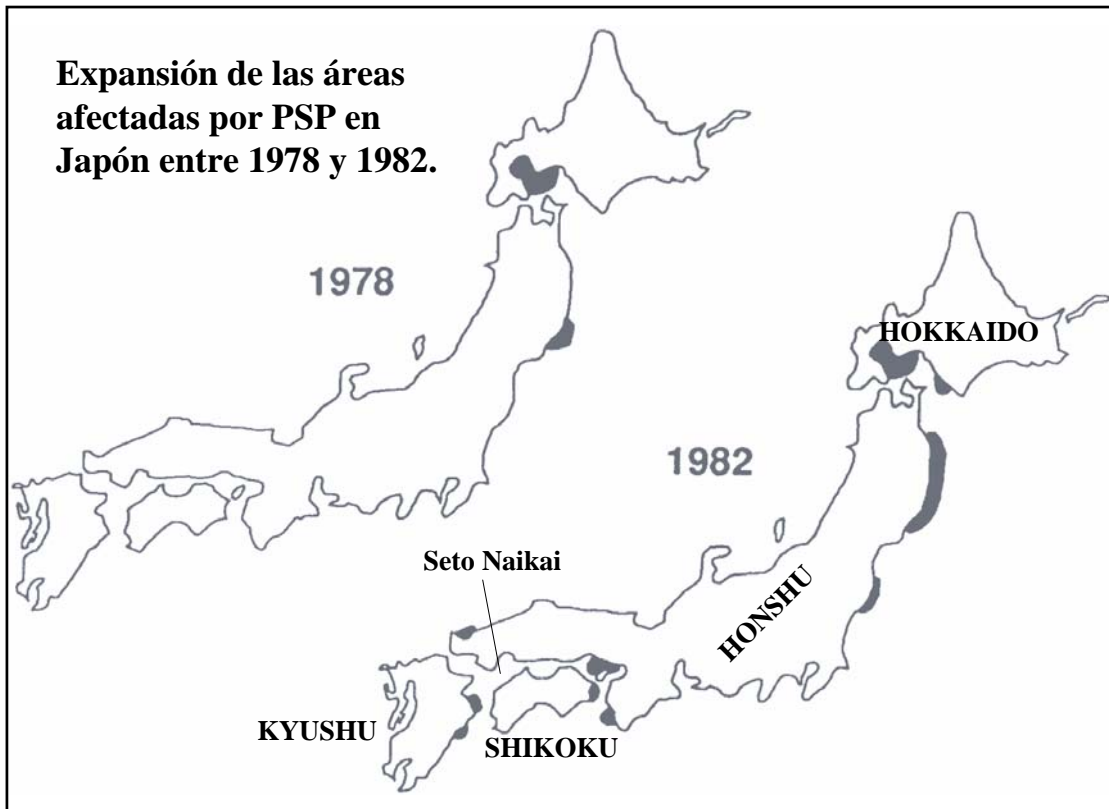
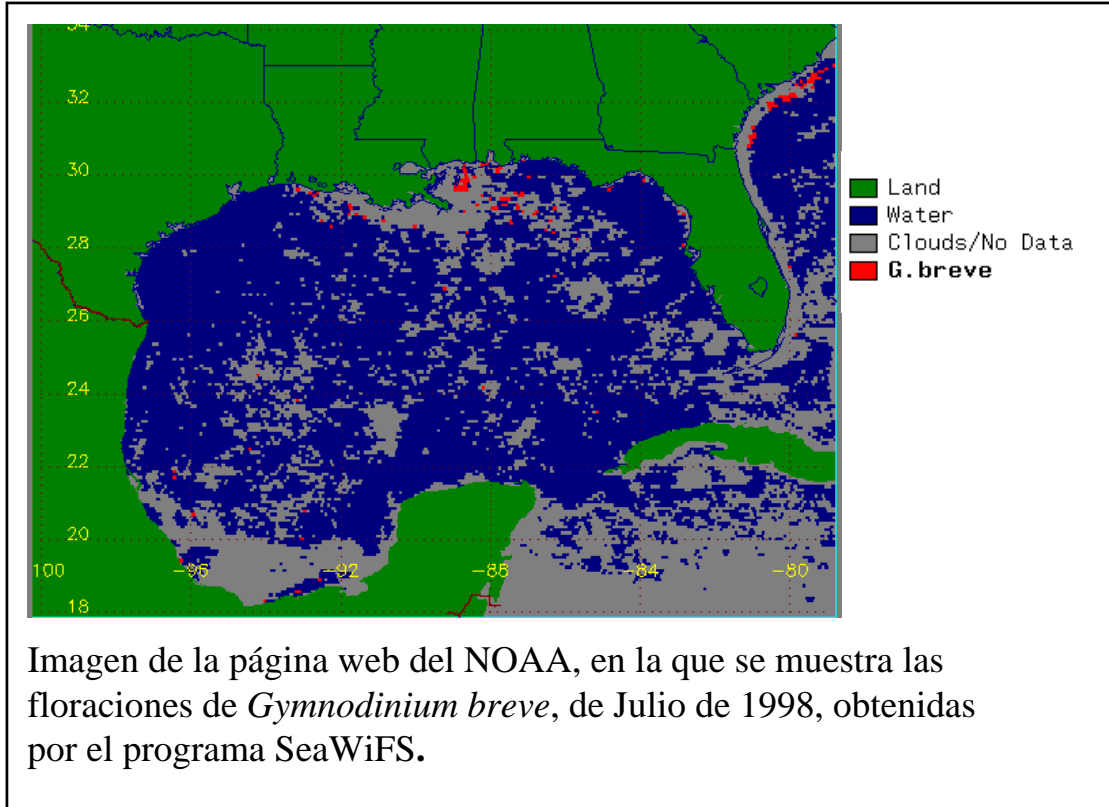
Distribución mundial de las DSPs.



Distribución mundial de ASP y NSP.

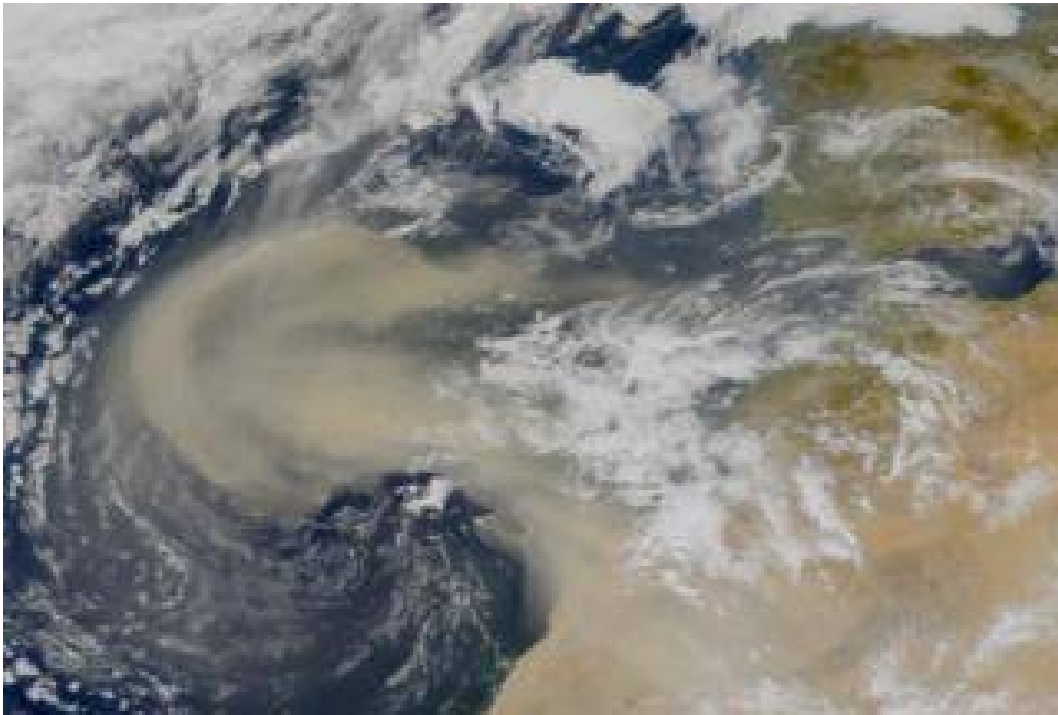






Características físico-químicas del bloom

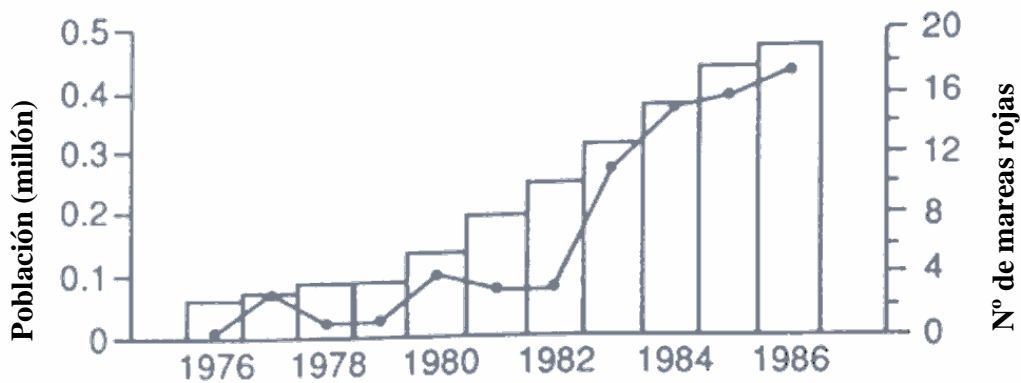
- “Eutroficación cultural” de desechos domésticos, industriales y agrícolas.
- Lluvia anual baja.
- Alta salinidad.
- Temperatura del agua alta.
- Crecimiento algal a bajas concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto.
- No afectados por macronutrientes.
- Afectados positivamente por micronutrientes (Fe y Se).
- Compuestos orgánicos (ácido glutámico + Fe).



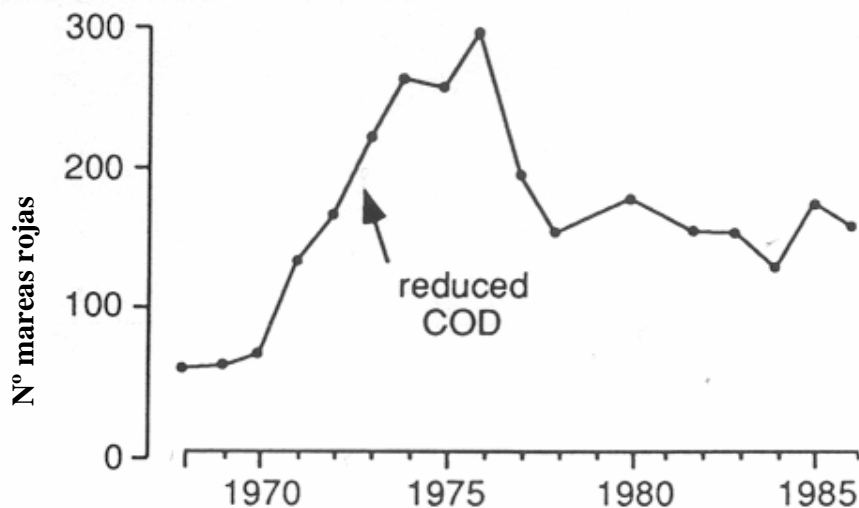


Causas de los incrementos

- Aumento en la utilización de las aguas costeras para la acuicultura.
- Estimulación de los blooms planctónicos por eutroficación cultural y/o condiciones climatológicas inusuales.
- Transporte de dinoflagelados como cistos en las aguas de lastre de los barcos o asociadas con la translocación de moluscos comercializados de un área a otra.



Correlación entre el número de mareas rojas por año en el puerto de Tolo (línea continua) y el incremento de la población en Hong Kong (diagrama de barras) en el período 1976-1986. Se observa un incremento de 8 veces en el número de mareas relacionado con un incremento de 6 veces en la población. En este período hubo un aumento de 2,5 veces en la carga de nutrientes, aportados principalmente por residuos domésticos e industriales no tratados (no mostrado).



Tendencia a largo plazo en la frecuencia de las mareas rojas en el Mar interior de Seto, Japón, en el período 1965-1986. Se observó un incremento de 7 veces en las mareas rojas con un incremento de 2 veces en la carga de COD (medido como demanda química de oxígeno, DQO), principalmente de aguas residuales no tratadas y de residuos industriales de fabricas de papel. Después de introducir medios para reducir la DQO y un tratamiento secundario para eliminar el fosfato de los detergentes domésticos, las mareas rojas disminuyeron casi 2 veces hasta un nivel más estacionario.

Incremento global de las FANs

- Fenómenos naturales.
- En las dos últimas décadas los impactos económicos y sobre la salud pública han aumentado en frecuencia, intensidad y distribución geográfica.
- Los aumentos están asociados a:

1) Un incremento en la utilización de las aguas costeras para la acuicultura.

- PSP, DSP, NSP y ASP.
- Columbia Británica muerte de salmón rosa (y otras especies, “lingcod”, “coho”, “sockeye”, “chinook”) ocasionada por densas concentraciones (5000 células l⁻¹) de las diatomeas *Chaetoceros convolutus* y *Ch. concavicornis*.
- Producción de ácidos grasos o galactolípidos que dañan tejido epitelial de las branquias. Actividad hemolítica destruyendo a los eritrocitos (hemolisis). *Heterosigma akashiwo* y *Chattonella antiqua* son dos de las 5 especies implicadas en la muerte de peces encerrados en jaulas.

2) Por eutroficación cultural.

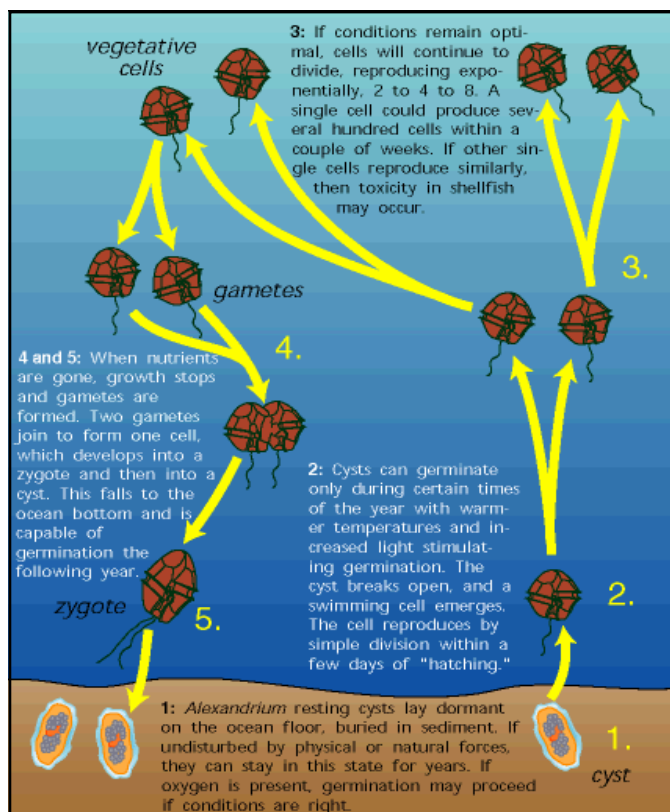
- *Gymnodinium breve*, *Alexandrium* y *Pyrodinium*, no son afectados por el enriquecimiento costero de nutrientes.
- Los desechos domésticos, industriales y agrícolas estimulan los “blooms” algales de otras especies. *Gymnodinium nagasakiense*, *Gonyaulax polygramma*, *Noctiluca scintillans* y *Prorocentrum minimum*.
- Las alteraciones de los arrecifes de coral por huracanes, actuaciones militares y el turismo en la Polinesia francesa. De 1960 a 1984 más de 24.000 personas afectadas por ciguatera (6 veces más que la media de personas afectadas para todo el Pacífico).

3) Condiciones climatológicas inusuales.

- Blooms de *Pyrodinium* en Filipinas, Indonesia y Brunei asociados con los eventos climatológicos de El Niño.
- NSP en Florida: La corriente del golfo desplazó un bloom de *Gymnodinium breve* hacia Carolina del Norte (1987).

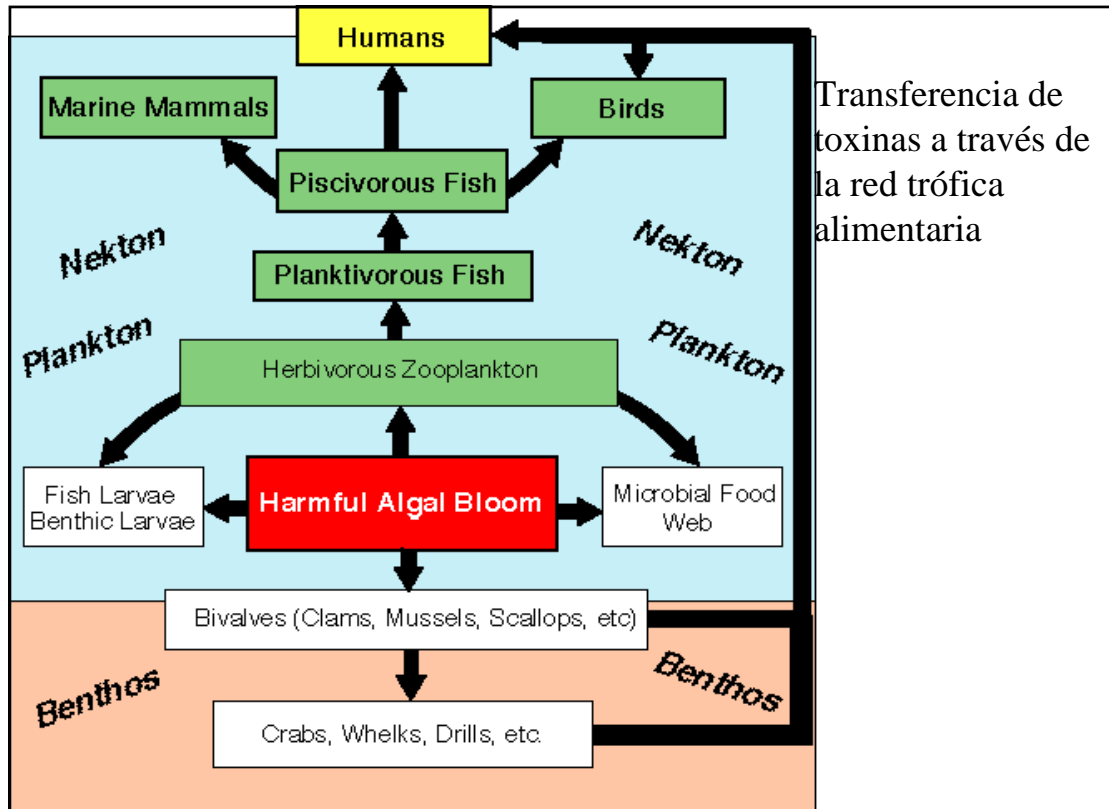
4) Transporte por el lastre de buques

- Dinoflagelados tóxicos exóticos han sido introducidos en Australia en aguas destinadas a la acuicultura, con consecuencias desastrosas para los mariscos cultivados.
- Un simple tanque de agua de lastre contenía más de 300 millones de cistos de dinoflagelados tóxicos que pueden germinar. Se han identificado diversas especies tóxicas (*Gymnodinium* y *Alexandrium*) de barcos procedentes de Japón y Corea.



Reproducción de las algas tóxicas

Germinación cuando condiciones de temperatura, luz, nutrientes y salinidad del agua son las apropiadas.



Transferencia de toxinas a través de la red trófica alimentaria





En 1991, más de 100 pelícanos y cormoranes fueron encontrados muertos o sufriendo de síntomas neurológicos inusuales en la Bahía de Monterrey, California. Se atribuyó a un bloom de la diatomea *Pseudonitzschia australis*, la cual produce la toxina ácido domoico.



Algunas toxinas son solubles en las grasas y se bioacumulan en los niveles tróficos superiores. Las toxinas son transferidas a través de sucesivas etapas teniendo impactos donde menos se espera. Una de las 14 ballenas jorobadas muertas en Cape Cod en un período de un mes debido a la saxitoxina en la caballa que consumieron.



Más de 150 muertes de leones marinos varados en la costa de Florida en 1996 debido a la toxina producida por *Gymnodinium breve*.



Tipos de FANs

1. Especies que producen básicamente decoloración de las aguas. Sin embargo, el crecimiento puede ser tan denso que ocasiona la muerte indiscriminada de peces e invertebrados por disminución del nivel de oxígeno del agua.

- Dos tipos de microorganismos: **dinoflagelados** y **cianobacterias**.
 - Dinoflagelados: *Gonyaulax polygramma*, *Noctiluca scintillans*, *Scrippsiella trochoidea*.
 - Cianobacterias: *Trichodesmium erythraeum*.



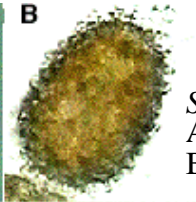
Gonyaulax polygramma



Noctiluca scintillans

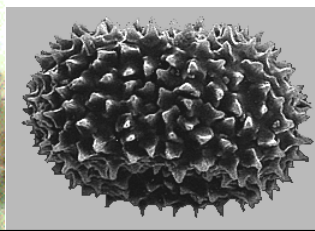


A



B

Scrippsiella trochoidea.
A = célula vegetativa;
B = ciste.



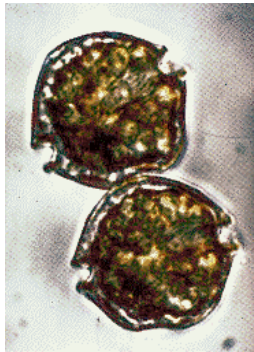
Trichodesmium erythraeum



Tipos de FANs

2. Especies que producen potentes toxinas que pueden ser transferidas al ser humano a través de la cadena alimentaria, ocasionando diversas enfermedades gastrointestinales y neurológicas. Existen seis variedades.

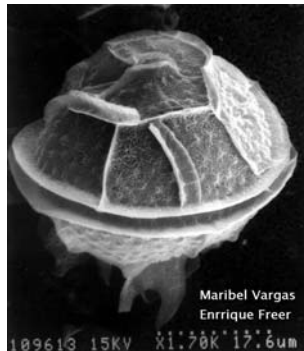
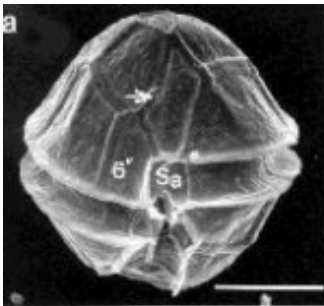
- **Intoxicación (toxina) paralítica por (de) moluscos** (*Paralytic Shellfish Poisoning, PSP*).
Producidas por dinoflagelados:
 - *Alexandrium spp.*: *A. acatenella*, *A. catenella*, *A. cohorticula*, *A. fundyense*, *A. fraterculus*, *A. minutum*, *A. tamarense*,...
 - *Gymnodinium catenatum*,
 - *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*.



Alexandrium tamarense



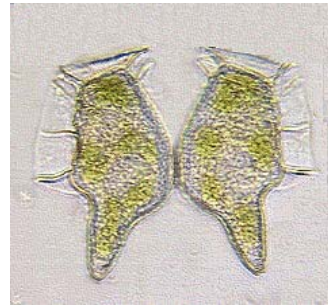
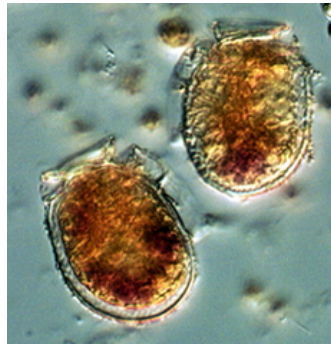
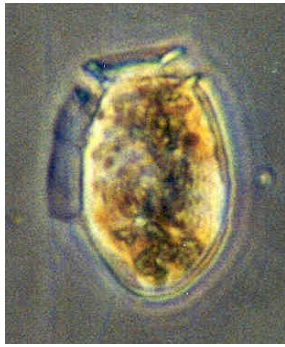
Gymnodinium catenatum



Pyrodinium bahamense

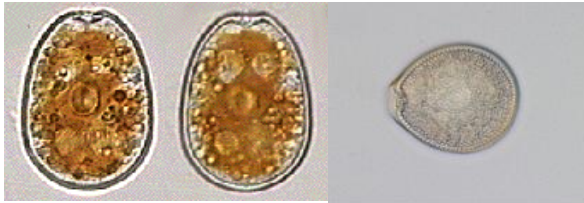
Tipos de FANs

- **Intoxicación diarreica por moluscos** (*Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP*). Producidas por dinoflagelados:
 - *Dinophysis spp.*: *D. acuta*, *D. acuminata*, *D. fortii*, *D. norvegica*, *D. mitra*, *D. rotundata*,
 - *Prorocentrum lima*, *P. reticulatum*,
 - *Coolia sp.*



Dinophysis caudata

Dinophysis acuminata y *D. fortii*



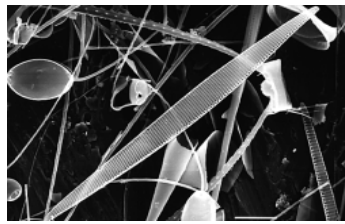
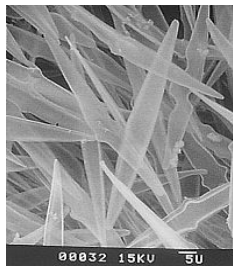
Prorocentrum lima



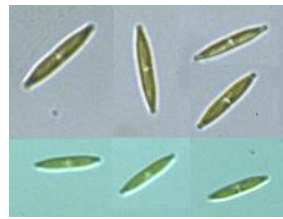
Coolia sp.

Tipos de FANs

- **Intoxicación amnésica por moluscos** (*Amnesic Shellfish Poisoning, ASP*). Producidas por diatomeas:
 - *Pseudo-nitzschia multiseriata*, *P. pseudodelicatissima*, *P. australis*, *P. pungens*, *P. seriata*
 - *Nitzschia actydropbila*
 - *Amphora coffeiformis*.

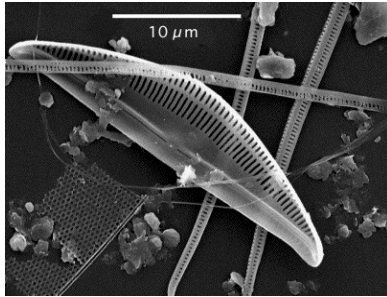


Pseudonitzschia australis

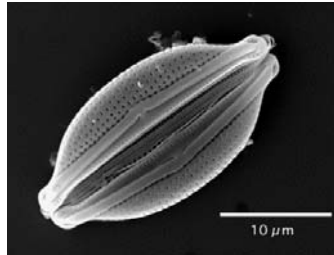


Nitzschia sp.

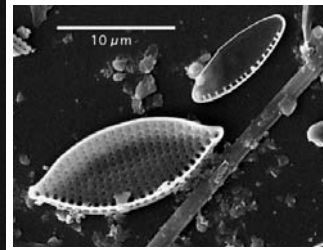
Pseudonitzschia multiseries



Amphora beaufortiana



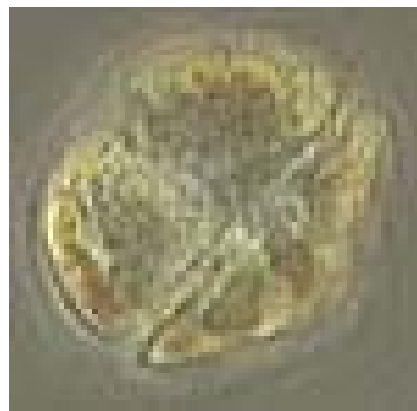
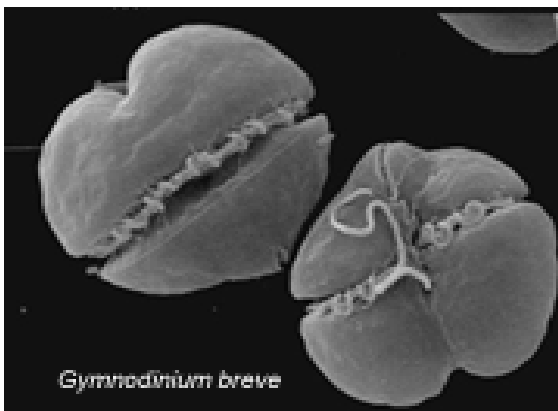
Amphora sp.



*Tryblionella y
Nitzschia frustulum*

Tipos de FANs

- **Intoxicación neurotóxica por moluscos** (*Neurotoxic Shellfish Poisoning, NSP*). El dinoflagelado *Gymnodinium breve*.

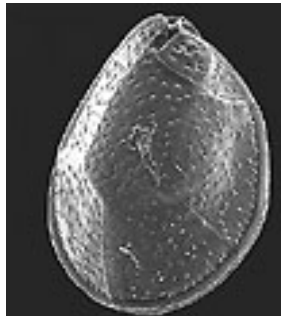


Tipos de FANs

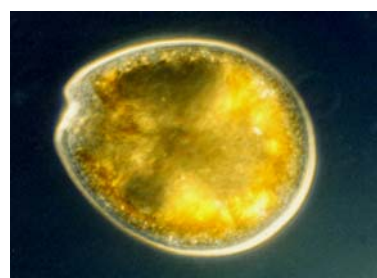
- **Ciguatera** (*Ciguatera Fishfood Poisoning*). Por los dinoflagelados:
 - *Gambierdiscus toxicus*,
 - *Ostreopsis spp.*?,
 - *Prorocentrum spp.* ?
 - *Coolia monitis* ?,
 - *Amphidinium carterae*?



Gambierdiscus toxicus



Ostreopsis labens



Prorocentrum sp.



Coolia monitis



Amphidinium carterae

Tipos de FANs

- **Intoxicación por toxinas de cianobacterias** (*Cyanobacterial Toxin Poisoning*).

Cianobacterias:

- *Anabaena circinalis*,
- *Microcystis aeruginosa*,
- *Nodularia spumigena*

Anabaena circinalis



Microcystis aeruginosa



Nodularia spumigena



Tipos de FANs

3. Especies que no son tóxicas para el ser humano, pero que son nocivas para peces e invertebrados (especialmente en cultivos intensivos) por dañar u obstruir sus branquias. Diversos grupos: Diatomeas, dinoflagelados, primnesiofitos y rafidofitos.

- Diatomeas: *Chaetoceros convolutus*
- Dinoflagelados: *Gymnodinium mikimotoi*
- Primnesiofitos: *Chrysochromulina polylepis*, *Prymnesium parvum*, *P. patelliferum*.
- Rafidofitos: *Heterosigma akashiwo*, *Chattonella antiqua*.

4. El caso de *Pfiesteria piscicida*

Ciclo biológico de P. piscicida

